



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ

TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ

**TEMA: ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LOS PARÁMETROS DE
FUNCIONAMIENTO DE UN MOTOR DIÉSEL CON B10**

**AUTORES: CRISTIAN HUGO GUNZA COLCHA
DARWIN BOLÍVAR URRESTA REVELO**

DIRECTOR: ING. JORGE LUIS MELO OBANDO, MSc.

Ibarra, Noviembre 2018

CERTIFICADO

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

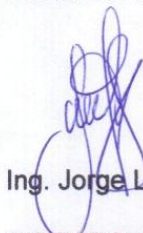
En mi calidad de director del plan de trabajo de grado, previo de la obtención del título de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, nombrado por el honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería de Ciencias Aplicadas.

CERTIFICO:

Que una vez analizado el plan de grado cuyo título es "Estudio experimental de los parámetros de funcionamiento de un motor Diésel con B10" presentado por los señores: Cristian Hugo Gunza Colcha con número de cédula 1721004495 y Darwin Bolívar Urresta Revelo con número de cédula 1003520150, doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte de los señores integrantes del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra, a los 29 días del mes Noviembre del 2018.

Atentamente



Ing. Jorge Luis Melo Obando MSC.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CEDULA DE IDENTIDAD:	1003520150		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Darwin Bolívar Urresta Revelo		
DIRECCIÓN:	Fray Vacas Galindo y Federico Larrea 1-54		
EMAIL:	dburrestar@utn.edu.ec		
TELEFONO FIJO:	604 486	TELEFONO MÓVIL:	0987897329
DATOS DE CONTACTO			
CEDULA DE IDENTIDAD:	1721004495		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Cristian Hugo Gunza Colcha		
DIRECCIÓN:	El Olivo		
EMAIL:	chgunzac@utn.edu.ec		
TELEFONO FIJO:	2 296 108	TELEFONO MÓVIL:	0992840631

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Estudio experimental de los parámetros de funcionamiento de un motor diésel con B10.
AUTORES:	Darwin Bolívar Urresta Revelo Cristian Hugo Gunza Cocha
FECHA:	Ibarra 22 de noviembre de 2018
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA	INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ
ASESOR/DIRECTOR	MSc. Jorge Luis Melo Obando

2. CONSTANCIAS

Los autores manifiestan que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrollo, sin violar derechos del autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que son los titulares de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 22 días del mes de Noviembre del 2018

AUTORES:

(Firma)



Nombre: Darwin Bolívar Urresta Revelo

C.C. : 1003520150

(Firma)



Nombre: Cristian Hugo Gunza Colcha

C.C. : 1721004495

DEDICATORIA

El presente trabajo de grado dedico a mi padre José Urresta y a mi madre Yolanda Revelo quienes me han guiado y me han apoyado para cumplir mis sueños de llegar a ser un profesional. Ellos me brindaron su apoyo en todo momento durante este período de la carrera, porque mediante sus palabras me motivaron a ser una persona responsable día a día para lograr esta meta.

A mis dos hijos Franco Urresta, Pablo Urresta y a mi mujer Carolina Montenegro unos seres muy importantes en mi vida, ya que ellos fueron una fuente de inspiración y motivación para lograr la meta de ser un profesional para el futuro.

A mis dos hermanos José Luis Urresta y Jessica Urresta por darme aliento en todo momento, afecto moral y cariño durante el transcurso de nuestras vidas.

DARWIN BOLÍVAR URRESTA REVELO

El presente trabajo de grado es dedicado a mis padres Dolores Colcha y Hugo Gunza, por haberme guiado y aconsejado en todo mi trayecto de formación, porque gracias a ellos con su esfuerzo, apoyo y comprensión he logrado cumplir la mayoría de mis objetivos y metas y este sueño tan anhelado en mi vida. A mis hermanos Geovanny y Andrés, por ser mi apoyo y mi motivación para seguir adelante. Siento mucho orgullo dedicar este logro a mi querida familia, quienes, con sus consejos y el apoyo brindado supieron guiarme por los caminos del bien, con el fin de convertirme en una persona de valores y principios.

Y a todas las personas y familiares quienes me incentivaron diariamente con motivación y consejos para poder culminar esta meta.

CRISTIAN HUGO GUNZA COLCHA

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la sabiduría y guía necesaria para culminar esta etapa de mi vida y a mi familia por el inmenso amor y su apoyo incondicional durante el transcurso de mi vida universitaria.

Deseo extender un sincero agradecimiento a la Universidad Técnica de Norte por darme la oportunidad de formar parte de ella durante toda nuestra vida universitaria y permitirme prepararme para llegar un futuro profesional.

De igual manera brindo un agradecimiento a mi director de trabajo de grado el Msc. Jorge Melo que más que un docente de nuestra carrera es considerado como un gran amigo quien compartió sus conocimientos conmigo para llegar a ser Ingeniero.

También quiero dar un gran agradecimiento a todos los ingenieros de la carrera Ingeniería Automotriz por compartir el conocimiento a los estudiantes para poder alcanzar y llegar a los que somos. Y por último quiero agradecer a todos mis amigos, compañeros, y personas conocidas que me han apoyado durante toda la carrera universitaria con consejos para poder superar los problemas que cada día se me presentaban.

DARWIN BOLÍVAR URRESTA REVELO

Deseo extender mis agradecimientos a la Universidad Técnica del Norte, por darme la oportunidad de ser parte de ella, fue una institución que me ha formado con fuertes conocimientos aplicables en el campo profesional. De igual forma agradezco a todos los docentes de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, que me han orientado por el camino del conocimiento, compartiendo su saber y experiencias en el transcurso de mi formación académica.

Agradezco especialmente a mis padres, que con su amor incondicional y consejos me guían por el camino del bien, fueron quienes desde un principio supieron guiar mi camino, mi carácter y actitud frente a la vida; agradezco por el sacrificio que

tuvieron que hacer a fin de que pudiera realizar y culminar mis estudios universitarios y poder ser una persona preparada para seguir mi camino el futuro.

Agradezco también a mis hermanos quienes me influyeron a tomar mis decisiones y me aspiraron para seguir adelante, Geovanny eres un ejemplo para mí como hermano mayor, me guiaste y eres mi admiración, me disté el coraje para saber decidir los aspectos de mi vida y eres la razón de mi madurez, Andrés por ti coloqué en práctica todo lo aprendido, así como de mis experiencias.

Del mismo modo agradezco a mi tutor, Ing. Jorge Melo MSc que me guio a realizar el presente trabajo y todos los que hicieron posible obtener este gran logro.

CRISTIAN HUGO GUNZA COLCHA

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
RESUMEN	xxi
ABSTRACT	xxii
CAPÍTULO I	1
1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Planteamiento del problema	2
1.3 Formulación del problema	3
1.4 Delimitación	3
1.4.1 Temporal	3
1.4.2 Espacial	4
1.5 Objetivos	4
1.5.1 Objetivo General	4
1.5.2 Objetivos Específicos	4
1.6 Justificación	5
1.7 Tipo de Investigación	5
1.7.1 Investigación Transversal	6
1.7.2 Investigación Experimental	6
1.7.3 Investigación Cuantitativa	6
1.7.4 Investigación de Campo	6
1.7.5 Investigación Bibliográfica	6
1.8 Método Investigativo	7
1.8.1 Método Inductivo	7
1.8.2 Método Históricológico	7
1.9 Técnicas e Instrumentos	7
1.9.1 Recolección	7
1.9.2 Tabulación	8
1.9.3 Análisis de datos	8

1.10	Biocombustibles	8
1.10.1	Reseña histórica acerca del biocombustible	9
1.11	El Biodiésel	10
1.11.1	Ventajas del biodiésel como combustible alternativo	11
1.11.2	Desventajas del biodiésel	11
1.11.3	Producción de biodiésel en Ecuador	11
1.12	Diésel comercializado en Ecuador	12
1.12.1	Diésel Nro. 1	16
1.12.2	Diésel Nro. 2	16
1.12.3	Diésel Premium	16
1.13	Características fisicoquímicas del diésel y biodiésel	16
1.14	Normativas Euro	16
1.15	Motores Diésel mecánicos	17
1.15.1	Ventajas del motor Diésel	19
1.15.2	Desventajas del motor Diésel	21
1.16	Bomba de inyección rotativa	22
1.16.1	Ventajas de la bomba de inyección rotativa	23
1.16.2	Circuito de combustible de la bomba rotativa	23
1.16.3	Regulación mecánica de la dosificación de combustible	29
1.17	Parámetros fundamentales del motor Diésel	29
1.17.1	Torque	30
1.17.2	Curva de torque	30
1.17.3	Potencia	31
1.17.4	Curva de potencia	31
1.17.5	Consumo de combustible	32
CAPÍTULO II		33
2	MATERIALES Y MÉTODOS	33
2.1	Fundamentación	33
2.1.1	Proceso Metodológico	33
2.2	Materiales y Equipos	34

2.2.1 Aceite de Ricino (Higuerilla)	34
2.2.2 Hidróxido de Sodio	34
2.2.3 Metanol	35
2.2.4 Balanza gramera	36
2.2.5 Vasos precipitados y probeta	37
2.2.6 Reactor químico discontinuo	37
2.2.7 Tacómetro y medidor de temperatura MGT-300	38
2.2.8 Dinamómetro Inercial	39
2.2.9 Ficha técnica del dinamómetro	40
2.2.10 Ficha técnica del vehículo	40
2.3 Funcionamiento real del motor	41
2.3.1 Bomba rotativa electrónica VP44	42
2.4 Obtención del biodiésel	43
2.4.1 Gases que se producen al momento de obtener biodiésel	44
2.5 Proceso del biodiésel a base de aceite de higuerilla	44
2.6 Medidas del pH en el biodiésel	45
2.7 Preparación de la mezcla diésel Premium/biodiésel	46
2.7.1 Procedimiento para la mezcla biodiésel B10	47
2.8 Norma dinamómetro ISO 1585	48
2.9 Evaluación y preparación del vehículo	49
2.9.1 Proceso de pruebas	50
2.10 Pruebas de torque y potencia	52
2.10.1 Gráficas de torque y potencia con combustible diésel	54
2.10.2 Elaboración y adaptación del depósito de combustible externo	56
2.10.3 Comparación de los dos combustibles en el motor	58
2.10.4 Gráficas de torque y potencia con biodiésel	59
2.11 Consumo de combustible	61
2.11.1 Consumo de combustible en ralentí diésel y biodiésel B10	62
2.11.2 Pruebas de temperatura y rpm del motor en ralentí	62
2.11.3 Baipás adaptado en el vehículo para la prueba en ruta	63
2.11.4 Dispositivo de medición (GPS) para el tiempo y la velocidad	64
2.11.5 Consumo de combustible en carretera	64

CAPÍTULO III	67
3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	67
3.1 Análisis comparativo de los dos tipos de combustibles	67
3.1.1 Análisis de las curvas, potencia y torque con diésel	67
3.1.2 Análisis de las curvas, potencia y torque con biodiésel B10	73
3.2. Curvas promedios	78
3.2.1 Curvas promedio de potencia y torque con diésel	78
3.2.2 Curvas promedio de potencia y torque con biodiésel B10	80
3.3 Comparación de resultados de las gráficas potencia vs velocidad de los dos combustibles	81
3.4 Comparación de los resultados de las gráficas torque vs velocidad de los dos combustibles	82
3.5 Análisis de consumo de combustible en ralentí	83
3.5.1 Consumo en ralentí a 700 rpm con diésel y biodiésel	84
3.6 Análisis de temperatura con diésel Premium y biodiésel B10	84
3.7 Análisis de consumo de combustible en carretera con diésel y biodiésel B10	88
3.8 Análisis General	90
3.9 Análisis de rendimiento de los dos combustibles	93
CAPÍTULO IV	96
4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	96
4.1 Conclusiones	96
4.2 Recomendaciones	98
Bibliografía	99

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA NÚM.		PÁGINA
1.1	Requisitos del diésel Nro. 1 en Ecuador	13
1.2	Requisitos del diésel Nro. 2 en Ecuador	14
1.3	Requisitos diésel Premium	15
1.4	Características fisicoquímicas del diésel y biodiésel	16
1.5	Límites establecidos por la Norma EURO	17
2.1	Ficha técnica del dinamómetro	40
2.2	Ficha técnica del vehículo	41
2.3	Materiales utilizados para el biodiésel	44
3.1	Prueba 1 con combustible diésel	68
3.2	Prueba 2 con combustible diésel	69
3.3	Prueba 3 con combustible diésel	70
3.4	Prueba 4 con combustible diésel	71
3.5	Prueba 5 con combustible diésel	72
3.6	Resultados de potencia y torque con diésel Premium	72
3.7	Prueba 1 con biodiésel B10	73
3.8	Prueba 2 con biodiésel B10	74
3.9	Prueba 3 con biodiésel B10	75
3.10	Prueba 4 con biodiésel B10	76
3.11	Prueba 5 con biodiésel B10	77
3.12	Resultados de potencia y torque con biodiésel B10	78
3.13	Promedio de potencia	81
3.14	Promedio del torque	83

3.15	Resultados del diésel	84
3.16	Resultados del biodiésel B10	84
3.17	Rangos de temperaturas de las pruebas	87
3.18	Consumo en carretera con diésel Premium	88
3.19	Consumo en carretera con biodiésel B10	88
3.20	Análisis general de los combustibles	91
3.21	Especificación del consumo del combustible	93
3.22	Consumo a diferentes recorridos	94

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA NÚM.	PÁGINA
1.1 Estructura química del biodiésel	10
1.2 Ciclos de funcionamiento	19
1.3 Mezcla aire/combustible 20:1 a 10:1	20
1.4 Relación de compresión	20
1.5 Pérdida de bombeo en el sistema de admisión del motor	21
1.6 Bomba rotativa	22
1.7 Esquema de la bomba rotativa	24
1.8 Bomba de transferencia	25
1.9 Válvula reguladora de presión	26
1.10 Regulador de velocidad	26
1.11 Estrangulador de rebose	27
1.12 Conjunto de bomba	28
1.13 Variador de avance	29
1.14 Diagrama de par motor	30
1.15 Diagrama potencia motor	31
2.1 Etapas del desarrollo de la metodología	33
2.2 Aceite de higuera	34
2.3 Hidróxido de sodio	35
2.4 Metanol	36
2.5 Balanza gramera	36
2.6 Vasos de precipitación y probeta	37
2.7 Reactor de tres depósitos (Batch)	38

2.8	Tacómetro y medidor de temperatura	39
2.9	Dinamómetro	39
2.10	Resultados del pH en el biodiésel	46
2.11	Porcentajes de la mezcla B10	47
2.12	Colocación de los dos combustibles en el depósito 48	48
2.13	Camioneta Chevrolet Luv D-MAX	49
2.14	Ruedas sobre los rodillos	50
2.15	Anclajes de seguridad	51
2.16	Ventiladores para las pruebas en el dinamómetro	51
2.17	Introducción de datos en el Software Vamag	52
2.18	Selección de potencia para las pruebas	53
2.19	Selección de la velocidad	53
2.20	Escalas de las curvas	54
2.21	Curva de torque y potencia con diésel	55
2.22	Depósito de combustible externo (Baipás)	56
2.23	Cambio de filtro de combustible	57
2.24	Sustitución de las mangueras de alimentación	57
2.25	Bombín de purga	58
2.26	Diagrama de adaptación del depósito de combustible externo	59
2.27	Curva de torque y potencia con biodiésel	60
2.28	Ubicación del tacómetro y medidor de temperatura	61
2.29	Pruebas en ralentí	62
2.30	Datos de temperatura y rpm	63
2.31	Vehículo con el sistema de alimentación y retorno adaptado	63
2.32	Aplicación GPS Speed para Android	64

2.33	Ruta de prueba	65
3.1	Prueba 1 de potencia y torque con diésel	67
3.2	Prueba 2 de potencia y torque con diésel	68
3.3	Prueba 3 de potencia y torque con diésel	69
3.4	Prueba 4 de potencia y torque con diésel	70
3.5	Prueba 5 de potencia y torque con diésel	71
3.6	Prueba 1 de potencia y torque con biodiésel B10	71
3.7	Prueba 2 de potencia y torque con biodiésel B10	74
3.8	Prueba 3 de potencia y torque con biodiésel B10	75
3.9	Prueba 4 de potencia y torque con biodiésel B10	76
3.10	Prueba 5 de potencia y torque con biodiésel B10	77
3.11	Curva promedio de potencia máxima con diésel Premium	79
3.12	Curva promedio de torque máximo diésel Premium	79
3.13	Curva promedio de potencia máxima con biodiésel B10	80
3.14	Curva promedio de torque máximo con biodiésel B10	80
3.15	Potencia promedio con diésel/biodiésel B10	81
3.16	Torque promedio con diésel/biodiésel B10	82
3.17	Consumo de combustible en ralentí a 700 rpm	85
3.18	Promedio de consumo de combustible en ralentí a 700 rpm	86
3.19	Consumo de combustible en carretera con diésel Premium/biodiésel B10	89
3.20	Promedio de consumo de combustible en carretera	90

ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN NÚM.	PÁGINA
2.1 Volumen del Metanol	43
2.2 Volumen del Hidróxido de Sodio	43
3.1 Consumo de combustible en carretera	92

GLOSARIO DE TÉRMINOS

OMS: Organización Mundial de la Salud

HC: Hidrocarburos

CO: Monóxido de carbono

CO₂: Dióxido de carbono

SO_x: Óxido de azufre

MP: Material Particulado

EX: Siglas de Bioetanol

BX: Sigla de Biodiésel

R1: Hidrocarburos de cadena larga

R2: Hidrocarburos de cadena corta

ARCH: Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero

ppm: Partículas por millón

cSt: Centistokes

NTE: Norma Técnica Ecuatoriana

INEN: Instituto Ecuatoriano de Normalización

NO_x: Óxido de Nitrógeno

PMS: Punto muerto superior

PMI: Punto muerto inferior

CV: Caballo de Vapor

Watt: Vatios

HP: Caballo de Fuerza

Nm: Newton metro

NaOH: Hidróxido de Sodio

CH₃OH: Metanol

RPM: Revoluciones por minuto

UCE: Sistema de Unidad de Control

pH: Potencial Hidrógeno o Potencial de Hidrogeniones

GPS: Global Positioning System

AC: Corriente alterna

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO NÚM.	PÁGINA
1. Certificado de análisis del metanol	105
2. Certificado de análisis del aceite de higuera (Ricino)	106
4. Colocación de los materiales para la elaboración del biodiésel y extracción de la Glicerina	107
5. Pruebas de torque y potencia	108
6. Pruebas de consumo de combustible en ralentí y en carretera	109
7. Prueba N.º 1 de potencia y torque con diésel Premium	110
8. Prueba N.º 2 de potencia y torque con diésel Premium	111
9. Prueba N.º 3 de potencia y torque con diésel Premium	112
10. Prueba N.º 4 de potencia y torque con diésel Premium	113
11. Prueba N.º 5 de potencia y torque con diésel Premium	114
12. Prueba N.º 1 de potencia y torque con biodiésel B10	115
13. Prueba N.º 2 de potencia y torque con biodiésel B10	116
14. Prueba N.º 3 de potencia y torque con biodiésel B10	117
15. Prueba N.º 4 de potencia y torque con biodiésel B10	118
16. Prueba N.º 5 de potencia y torque con biodiésel B10	119

RESUMEN

La presente investigación es de forma teórica y práctica en la utilización del aceite de Higuierilla para la obtención del biocombustible que es una fuente de energía alternativa para la industria automotriz, realizando un estudio experimental en un motor Diésel con bomba rotativa VP44 la cual contribuye un alto rendimiento y una máxima eficiencia al motor ya que posee un controlador electrónico que produce la presión por dos émbolos donde dosifica el combustible a cada uno de los inyectores, utilizando un biocombustible B10 que tiene un porcentaje de 90 % de diésel común y 10 % de biocombustible a base de aceite de Higuierilla, con el propósito de demostrar si en el desarrollo de la combustión y de los parámetros de funcionamiento siendo: torque, potencia y consumo de combustible generando resultados positivos o negativos en el desempeño del vehículo para así evaluar las diferencias que se producen en el rendimiento del motor. Mediante un dinamómetro de rodillos inercial se realizó cinco pruebas con los dos combustibles que son diésel Premium y biocombustible B10. Comparando el trabajo de cada combustible en el vehículo, de tal manera que para las curvas se hizo varios ensayos con diésel Premium y biodiésel B10 donde se obtuvo un promedio de potencia y torque usando biocombustible B10 que tiene una pérdida de potencia de 5,43 % con relación el diésel, dando resultado similar en el torque siendo un 3,18 % en el rendimiento del automóvil. Para los promedios del consumo en ralentí se demostró que al usar el biodiésel B10 en un lapso de 25 minutos, tiene un consumo menor que al usar el diésel Premium en un régimen de 700 rpm del motor. De igual manera se demostró que a una distancia de 35,7 km con biocombustible obtuvo un rendimiento del combustible en carretera de 5,99 km/litro. Al realizar esta investigación se demuestra que al aplicar el biodiésel B10 es una alternativa en sustitución del diésel ya que se pierde una potencia 5,7 hp y en torque 8,02 Nm, pero en consumo se obtendrá un ahorro considerable en el futuro.

ABSTRACT

The present investigation is of theoretical and practical form in the use of the oil of Higuerilla for the obtaining of the biofuel that is an alternative source of energy for the automotive industry, realizing an experimental study in a Diesel engine with rotary pump VP44 which contributes a high performance and maximum efficiency to the engine since it has an electronic controller that produces the pressure by two pistons where it doses the fuel to each one of the injectors, using a B10 biofuel that has a percentage of 90% of common diesel and 10% of biofuel based on Higuerilla oil, with the purpose of demonstrating whether in the development of the combustion and the operating parameters being: torque, power and fuel consumption generating positive or negative results in the performance of the vehicle in order to evaluate the differences that occur in the performance of the engine. Using an inertial roller dynamometer, five tests were carried out with the two fuels that are Premium diesel and B10 biofuel. Comparing the work of each fuel in the vehicle, so that for the curves several tests were made with Premium diesel and biodiesel B10 where an average power and torque was obtained using B10 biofuel that has a power loss of 5.43% in relation to diesel, giving a similar result in torque being 3.18% in the performance of the car. For the averages of the consumption in idle it was demonstrated that when using the biodiesel B10 in a span of 25 minutes, it has a lower consumption than when using the Premium diesel in a regime of 700 rpm of the engine. Similarly, it was shown that at a distance of 35.7 km with biofuel it obtained a fuel efficiency on the road of 5.99 km / liter. When carrying out this investigation it is demonstrated that when applying the biodiesel B10 it is an alternative in substitution of the diesel since it loses a power 5,7 hp and in torque 8,02 Nm, but in consumption will obtain a substantial saving in the future.

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 ANTECEDENTES

“Desde el año 1897 se ha utilizado combustibles fósiles como fuentes principales de energía para los motores de combustión interna” (Iniesta & García , 2008, pág. 4), donde se destaca el combustible diésel por lo que poseen un excelente rendimiento y bajo consumo de carburante en el motor.

En la actualidad los combustibles para motores se encuentran en estado líquido como: gasoil, queroseno o gasolina, que al inflamarse liberan grandes cantidades de calor y así la máquina logre su mayor eficiencia con el combustible adecuado, siendo necesario recalcar que “el rendimiento máximo de un motor Diésel bien diseñado oscila entre un 40 % y 45 %” (Penabad, 2014, pág. 5).

El motor al no realizar una buena inflamación deja partículas de gases contaminantes que no se queman en su totalidad en la cámara de combustión, por lo que sus condiciones de trabajo del motor liberan dichas partículas que afectan directamente a los seres vivos. Estos gases contaminantes causan serios problemas de salud en las personas provocando síntomas como tos, irritaciones en los ojos y partes respiratorias que causan serios daños llegando a provocar neumonía, asma y cáncer en el peor de los casos, según la Organización Mundial de la Salud (OMS), establece que el aire debe tener como mínimo 25 microgramos por metro cúbico de gases contaminantes (Organización Mundial de la Salud , 2018, págs. 1-5).

En las grandes ciudades se ha empezado a tomar medidas para que la contaminación del aire no afecte a la salud de las personas; estudios realizados han registrado los 10 países que emiten más gases contaminantes y estos son; China: 25,36 %; Estados Unidos: 14,4 %; Unión Europea: 10,16 %; India: 6,96 %; Rusia: 5,36 %; Japón: 3,11 %; Brasil: 2,4 %; Indonesia: 1,76 %; México: 1,67 %; Irán: 1,65 % (Friedrich & Damassa, 2014, pág. 3).

En estos días se depende de las máquinas de combustión interna para medios de transporte, maquinaria de trabajo y generadores de energía, que funcionan con diésel obtenido de la refinación del petróleo el cual es una fuente natural no renovable, por lo que se realizará un estudio del rendimiento del vehículo con diésel y biocombustible para la alimentación de los motores.

De acuerdo con los análisis de la OMS, Santo Domingo, Milagro, Quito, Latacunga, Manta y Portoviejo sobrepasan los niveles internacionales de contaminación perjudiciales para la salud. Ibarra, Cuenca y Ambato son las ciudades menos contaminadas con $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Por otro lado, solo Quito, Santo Domingo y Milagro son las urbes que superan los límites de contaminación nacionales (El Comercio, 2016, pág. 5).

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad el mundo está enfrentando la contaminación ambiental producida por las emisiones de gases contaminantes que son liberadas al medio ambiente, en su gran mayoría por motores automotrices, por lo que es necesario investigar otras fuentes de energías limpias y renovables. La contaminación atmosférica es producida a partir de la mezcla del aire con el smog que es sometido a altas presiones que incita el estancamiento y por lo tanto una permanencia de edificadores. Existe dos tipos de smog:

- a) Smog sulfuroso gris o comúnmente llamada lluvia ácida, esto es debido a la contaminación por óxidos de azufre procedentes de la combustión del carbón y de tal motivo reacciona con el vapor de agua de la atmósfera formando un ácido sulfúrico que origina una espesa niebla cargada de contaminantes con efectos muy nocivos para la salud de las personas (Terrera, 2011, pág. 15).
- b) Smog fotoquímico con capas bajas de color pardo rojizo, es una combinación de óxidos de nitrógeno y COVs (Compuestos Orgánicos Volátiles) procedentes del escape de los vehículos, este smog reduce la visibilidad irritando los ojos y el aparato respiratorio (Terrera et al., 2011, págs. 16-17).

El ambiente a nivel mundial tiene un 15 % de contaminación especialmente por el uso de carburantes de origen fósil y sus derivados no renovables como la gasolina y el diésel, que son utilizados por la industria automotriz (Rodríguez, 2016, pág. 3). Las ciudades tienen un alto índice de contaminación por la elevada presencia de motores funcionando todo el tiempo, esto genera que los habitantes estén expuestos a inhalar material particulado que les causan graves enfermedades.

La producción del biodiésel ha ido aumentando, así como su consumo y su interés de promover un desarrollo sustentable en la utilización de combustibles alternativos para el consumo en los motores de combustión interna. Además, el biodiésel tiene un punto de inflamación superior al del diésel y excelentes características lubricantes, pero posee un bajo poder calorífico donde se va a evidenciar en el torque y potencia de un motor en función de la cantidad de energía que desprende en la combustión.

Además, al utilizar biodiésel como combustible sustituto del diésel común en motores de combustión interna representa la oportunidad de reducir las emisiones contaminantes como Hidrocarburos (HC), Monóxido de carbono (CO), Dióxido de carbono (CO₂), Óxido de Azufre (SO_x) y Material Particulado (MP), así como los efectos negativos causados al ambiente y en la salud humana (Pérez Sánchez & Ayala Batista, 2015, pág. 85).

Considerando como una problemática del precio de los combustibles “ya que el diésel posee mayor subsidio por parte del estado alcanzando los 20 000 mil millones de dólares seguido por la gasolina con 14 000 millones de dólares anuales” (Espinoza & Guayanlema, 2017, pág. 18), por lo que la presente investigación se plantea la parcial reducción de consumo de combustible diésel Premium por la utilización del biodiésel, ya que este combustible representa el mayor gasto para el estado en subsidios del combustible.

1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo analizar los parámetros de funcionamiento del motor con el uso de diésel fósil y biodiésel B10 los cuales determinan cuál de estos dos combustibles presenta mejor característica mecánica?

1.4 DELIMITACIÓN

El presente proyecto de titulación guarda las siguientes delimitaciones:

1.4.1 TEMPORAL

Dicho proyecto se realizará a partir del mes de Marzo del 2018, al mes de Octubre del 2018.

1.4.2 ESPACIAL

Dicho proyecto de investigación se ejecutó en los talleres de la Universidad Técnica del Norte pertenecientes a la Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, además se realizó las pruebas de consumo de combustible partiendo desde la estación Los Olivos hasta el sector de los Cañaverales.

1.5 OBJETIVOS

Este trabajo investigativo tiene como finalidad cumplir tanto con el objetivo general como con los objetivos específicos.

1.5.1 OBJETIVO GENERAL

- Analizar los parámetros del funcionamiento de un motor Diésel considerando el torque, potencia y consumo de combustible, mediante el uso del diésel fósil y biodiésel B10 con el fin de determinar con cuál de estos el motor presenta mejores características mecánicas.

1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Efectuar una investigación del uso del biodiésel indagando en fuentes bibliográficas actuales, para enfocar la utilización del biocombustible.
- Comparar el funcionamiento del motor con la utilización de diésel fósil y biodiésel B10, con el propósito de obtener curvas características del funcionamiento del motor para su posterior análisis de las mismas.
- Realizar un análisis de los resultados obtenidos mediante la comparación de las curvas de torque, potencia y consumo de combustible, con el fin de evidenciar posibles ventajas y desventajas del uso de los combustibles en el motor.

1.6 JUSTIFICACIÓN

El proyecto de investigación se acoge al Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 toda una Vida de Ecuador, en el Eje 1 Derechos para todos durante toda la vida en el objetivo 3 Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones literal 3.4 Promover buenas prácticas que aporten a la reducción de la contaminación, la conservación, la mitigación y la adaptación a los efectos del cambio climático, e impulsar las mismas en el ámbito global (Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 toda una Vida de Ecuador, 2018, págs. 48-83).

Con la ayuda de este estudio se enfoca en la utilización del biocombustible que permanece principalmente en la posible sustitución de combustibles convencionales que son usados actualmente en motores de combustión interna de forma masiva, por lo que es necesario experimentar en los motores existentes.

La elaboración de este proyecto de titulación pretende incentivar la utilización de biocombustible a base de aceite de higuerilla, como combustible alternativo que sea de calidad, limpia y amigable con la naturaleza. Siendo este ajeno de los demás combustibles extraídos del petróleo, utilizándolo para la alimentación de motores Diésel demostrando ser beneficioso en el ahorro de combustible y equiparando los parámetros de funcionamiento como torque y potencia teniendo un rango mínimo de pérdida de las características mecánicas.

La selección adecuada de un buen biocombustible genera un ahorro del petróleo, de esta forma se obtendrá un menor índice de emisiones contaminantes tales como; óxidos de carbono y óxidos de nitrógeno (CO, CO₂, NO_x), con este estudio se ayudará a la preservación del medio ambiente, como también genera beneficios económicos para la sociedad.

1.7 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El presente proyecto de tesis se desarrolló con éxito utilizando distintos métodos como la investigación transversal, experimental, cuantitativa, de campo, bibliográfico (documental), que se mencionarán a continuación:

1.7.1 INVESTIGACIÓN TRANSVERSAL

La investigación transversal se realiza en un tiempo determinado por lo que se obtuvo información inmediata que permitió ordenar de manera dada los datos de las distintas pruebas a tiempo real logrando establecer decisiones en cuanto a resultados mecánicos con un y otro combustible.

1.7.2 INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL

Realización de las pruebas en la máquina dinamométrica obteniendo curvas características del motor en cuanto a torque y potencia.

1.7.3 INVESTIGACIÓN CUANTITATIVA

El método cualitativo se utiliza en las mediciones estadísticas, obtención de curvas de comportamiento del motor, en la tabulación y en la presentación de resultados contemplando los objetivos de esta investigación.

1.7.4 INVESTIGACIÓN DE CAMPO

En el ensayo en carretera con el fin de obtener datos del consumo de combustible que se realizó mediante pruebas en ruta con el uso del combustible fósil y el biocombustible.

1.7.5 INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA

La investigación bibliográfica permite tomar fuentes que ya han sido publicadas por otros investigadores como libros, páginas web y revistas técnicas que proporcionen la información para llevar a cabo la investigación.

1.8 MÉTODO INVESTIGATIVO

Los métodos investigativos tratados en el actual estudio son:

1.8.1 MÉTODO INDUCTIVO

El método inductivo se conoce como experimental asumiendo como base los datos adquiridos por el investigador. En dicho proyecto se tomará datos de distintas pruebas de forma que se logre resultados que satisfagan los objetivos planteados en dicho estudio.

1.8.2 MÉTODO HISTÓRICO LÓGICO

El método histórico lógico es un método que consiste en trabajar basándose en investigaciones previas al proyecto que sirvan de ayuda para lograr los objetivos, cogiendo información que ya se ha publicado, haciendo uso eficaz de ellos en el presente proyecto. Permite que se obtengan resultados más concretos con una información más actual que serviría para futuras investigaciones.

1.9 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

Las técnicas e instrumentos para utilizar en el actual proyecto son:

1.9.1 RECOLECCIÓN

La técnica de recolección de datos conlleva a un trabajo de campo a realizar en el taller de ingeniería en mantenimiento automotriz y en la ruta establecida, cuyo propósito es definir el valor, dato o respuesta a las variables a investigar.

1.9.2 TABULACIÓN

La técnica de tabulación consiste en ordenar la información recopilada por el dinamómetro y presentar los datos descriptivos en forma de tablas y gráfico en diferentes escalas.

1.9.3 ANÁLISIS DE DATOS

De esta manera se permitirá analizar las fichas obtenidas de forma que estos sean efectivos y de utilidad para el presente proyecto.

1.10 BIOCOMBUSTIBLES

Son aquellos combustibles que se obtiene a partir de la biomasa, lo cual se extrae tanto de origen vegetal como de origen animal, conformando a toda materia orgánica que hayan sido organismos modernamente vivos, tal como plantas o de sus derivados como por ejemplo frutos, desechos orgánicos y pesqueros (Echeverría Echeverría, 2018, pág. 22).

Los biocombustibles tales como alcoholes, éteres, biodiésel que provienen de la biomasa, reemplazan en menor o mayor parte la utilización de la gasolina y el diésel en el parque automotor, o en la industria. La utilización de estos biocombustibles tiene como objetivo de mitigar las emisiones de contaminantes que generan el efecto invernadero calentando la superficie terrestre, apresurando el cambio climático y ayudando a reducir los efectos perjudiciales que se obtiene de los combustibles fósiles. Los biocombustibles más usados y desarrollados son el bioetanol y el biodiésel; y existen otras alternativas no tan notorias que son el biobutano, biopropano y el hidrógeno.

Bioetanol: Se lo conoce también con el nombre de etanol que se obtiene a partir de la caña de azúcar, trigo o la cebada. Para utilizar el biocombustible se realiza una mezcla con gasolina en porcentaje de 10 % dando como resultado un biocombustible E-90.

Biodiésel: “Es un combustible elaborado a partir de aceites vegetales, grasas animales o aceites comestibles reciclables, apto como sustituyente parcial o total del gasoil en motores Diésel, sin que resulten necesarias conversiones, ajustes o regulaciones especiales del motor” (Friedmann & Penner , 2011, págs. 5-7).

Los biocombustibles surgen como una fuente de energía alternativa que se emplean en los hidrocarburos en donde los precios son demasiados altos, por tal razón contribuyen a calmar un calentamiento global y así amenorando las emisiones del CO₂.

Los biocombustibles son considerados como una de las alternativas amigables al ambiente porque producen menos emisiones, por lo que se ha considerado gracias al estudio de estos, “se debe de sembrar más árboles para que puedan neutralizar la contaminación, por medio del etanol siendo este un combustible que desde el año 2003 se ha reducido en un 90 % de contaminaciones” (Calleja & Quezada, 2009, pág. 78).

1.10.1 RESEÑA HISTÓRICA ACERCA DEL BIOCOMBUSTIBLE

Los biocombustibles permiten reemplazar a los combustibles fósiles derivados del petróleo, los más conocidos son el biodiésel y el bioetanol, las mezclas de biocombustibles con naftas o gasoil se conocen bajo las siglas EX para el caso de bioetanol y BX para el biodiésel, donde X representa el porcentaje de mezcla, por ejemplo: E5: Etanol 5 %, Nafta 95 %; B7: Biodiésel 7 %, Gas Oil 83 % (Acosta, 2012, pág. 333).

Los biocombustibles surgen como una respuesta para ayudar a mitigar los problemas ambientales que van tomando importancia en la actualidad, la necesidad de generar combustibles alternativos se relaciona con la importancia de crear alternativas para reducir la contaminación. En la década de los setenta el petróleo entró en crisis y su precio se elevó enormemente al igual que el costo de la gasolina, en ese entonces los biocombustibles se convertían en una opción al alto incremento de los precios del petróleo y a la probable escasez de los recursos no renovables.

La actual dependencia del petróleo, carbón y gas natural es lo que ha conllevado la utilización irracional de los mismos, si se tiene en cuenta que el ritmo de consumo actual de estos recursos no se corresponde con los prolongados períodos de tiempo que se necesitan para su producción de forma natural (Díaz, 2014, pág. 5).

Los combustibles para el parque automotor que utilizan la energía primaria y que contaminan la atmósfera urbana, son el pilar que están impulsando la investigación sobre combustibles alternativos para aquellos motores que trabajan con derivados del petróleo. En los motores de encendido por compresión, el biodiésel constituye la mejor alternativa para sustituir al combustible derivado del petróleo por las ventajas técnicas y estratégicas que posee el

biocombustible. “El biodiésel tiene la transesterificación de los triglicéridos presentes en los aceites, por lo que uno de los primeros usos del aceite vegetal transesterificado fue impulsado en los vehículos pesados con el nombre del biodiésel” (Sánchez & Huertas, 2013, pág. 10).

1.11 EL BIODIÉSEL

El biodiésel se obtiene a partir de plantas tales como; la soya, la palma, la Higuera, el girasol, entre otras, ya que en sus semillas se aloja una cantidad de aceite, se encuentran únicamente en regiones tropicales, otro tipo de plantas usadas para la elaboración del biocombustible son el algodón y la jatropha. “Es necesario convertir los triglicéridos en ésteres de metilo, esto se consigue a través de una reacción denominada transesterificación en el cual el aceite vegetal se mezcla con un alcohol y con un ácido inorgánico para acelerar la reacción” (Goñi Delión & Rojas Delgado, 2016, pág. 19). El biodiésel es un combustible renovable que se utiliza en motores Diésel como, buses, camiones, barcos el cual son combinados en cualquier proporción donde “B10 significa una mezcla con 10 % de biodiésel y 90 % de combustible diésel de petróleo con cantidades inferiores a 5 % de biodiésel” (Sánchez et al., 2013, pág. 11).

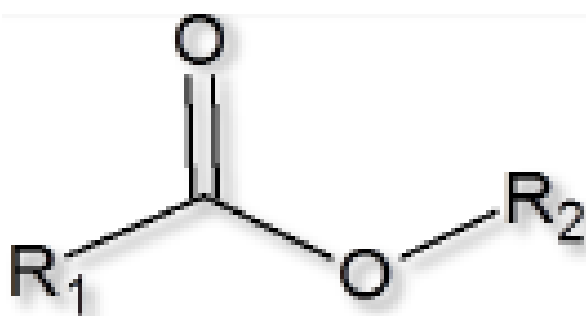


Figura 1.1 Estructura química del biodiésel
(Sánchez et al., 2013, pág. 11)

En la Figura 1.1 se muestra la estructura química del biodiésel donde:

R₁: Significa hidrocarburos de cadena larga, llamados cadena de ácidos grasos.

R₂: Significa hidrocarburos de cadena corta provenientes del alcohol empleado en la reacción de transesterificación.

1.11.1 VENTAJAS DEL BIODIÉSEL COMO COMBUSTIBLE ALTERNATIVO

- El biodiésel es biodegradable y no es tóxico teniendo en cuenta que procede de un recurso renovable.
- Se desempeña en cualquier tipo motor Diésel convencional, por lo tanto, el sistema de alimentación no solicita de ninguna modificación.
- En la elaboración y uso del biodiésel las emisiones de anhídrido carbónico disminuyen un 80 % y el dióxido de azufre casi un 100 %, por lo que la combustión del biodiésel reduce un 90 % de la cantidad de hidrocarburos totales no quemados, y entre 75-90 % en los hidrocarburos aromáticos (Sánchez et al., 2013, pág. 12).
- El biodiésel tiene un porcentaje de 11 % de oxígeno en peso y no contiene azufre, donde el uso debe ampliar la vida útil de los motores Diésel (Araya, 2011, pág. 5).
- El biodiésel es un líquido solvente que tiene la capacidad de limpiar los tanques usados por el diésel común.

1.11.2 DESVENTAJAS DEL BIODIÉSEL

- El costo de elaboración del biodiésel, ya que para crearlo se debe a la utilización de un reactor y a compuestos químicos tales como el hidróxido de sodio y el metanol que incrementan su precio.
- Los conductos del sistema de alimentación del motor pueden obstruirse por la formación de solidificación que transforma el líquido a estado sólido, si el biodiésel es sometido a bajas temperaturas entre 0 °C y -5 °C (Cuéllar, 2013, pág. 18).
- El uso del biodiésel puro en un motor puede disolver juntas, mangueras y retenedores que pueden llegar a degradarse y producir obstrucciones en las cañerías del sistema de alimentación ya que el biodiésel está compuesto de hidróxido de sodio y metanol.

1.11.3 PRODUCCIÓN DE BIODIÉSEL EN ECUADOR

El biodiésel a base de aceite de palma es el más elaborado en el país por una industria productora de combustible alternativo para los motores de combustión interna, donde

exporta a los EE. UU, Alemania y Perú, 16,6 millones de galones y desde el 2005 se convirtió en el principal proveedor interno en el país. Mediante el Decreto Ejecutivo Nro. 1303 se dispuso que el diésel sea mezclado con biocombustible de producción nacional en el cual primero se proporcionará del 5 %, y se debe llegar al 10 % (Líderes, 2014, pág. 3).

En el Ecuador, LA FABRIL es la industria más grande que se dedica a la elaboración de grasas, aceites, biocombustibles y productos de aseo personal que son comercializados en Ecuador y a nivel internacional, se encuentra en la ciudad de Guayaquil, también posee una sucursal en la ciudad de Montecristi, es una empresa innovadora reconocida como la empresa de las ideas, ya que es capaz de producir 12 000 toneladas métricas de biocombustible mensuales. El Ecuador está enfocado en la elaboración del biodiésel de Higuerilla ya que es una planta que no afecta su uso en el biocombustible a la alimentación de la sociedad.

El Decreto Ejecutivo Nro. 1303 establece que es necesario fomentar la producción y el consumo de biocombustibles debido a la importancia estratégica de este sector y a sus efectos positivos sobre la seguridad y la autosuficiencia energética del país. En el Artículo 3 establece, la distribución y comercialización de la mezcla de diésel con base de biodiésel de producción nacional, se aplicará en todo el territorio nacional en una proporción del 5 % de biodiésel (B5), de acuerdo con los requisitos técnicos que determine la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero (Delgado, 2013, págs. 2-3).

1.12 DIÉSEL COMERCIALIZADO EN ECUADOR

En el mercado de combustible en el Ecuador se puede encontrar tres tipos de diésel denominados:

1.12.1 DIÉSEL NRO. 1

Este tipo de diésel sirve para utilizarle en motores de combustión externa ya sea para uso de la industria o como también uso doméstico por lo cual este tiene un índice bajo de cetano, por este motivo no se comercializa mucho en el país, al tener un bajo cetanaje la ignición es baja y no trabajaría bien en un motor diésel (INEN, 2013, pág. 11).

En la Tabla 1.1, indica los requisitos que debe poseer el diésel para ser comercializado en el mercado de la república del Ecuador.

Tabla 1.1 Requisitos del diésel Nro. 1 en Ecuador

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Punto de Inflamación	°C	40	-	NTE INEN 1 047
Agua y sedimento	% en volumen	-	0,05	NTE INEN 1 494
Contenido de Residuo Carbonoso sobre el 10 % del residuo de la destilación	% en peso	-	0,15	NTE INEN 1 491
Cenizas	% en peso	-	0,01	NTE INEN 1 492
Temperatura de destilación del 90%	°C	-	288	NTE INEN 926
Viscosidad cinemática a 37,8 °C	cSt	1,3	3,0	NTE INEN 810
Contenido de azufre	% en peso (ppm)	-	0,30	NTE INEN 1 490
Corrosión a la lámina de cobre	-	-	No. 2	NTE INEN 927
Índice de Cetano Calculado	-	40	-	NTE INEN 1 495

Fuente: (INEN et al., 2013, pág. 19)

1.12.2 DIÉSEL NRO. 2

El diésel número 2 en el Ecuador cumple con los siguientes requisitos, esta no es usada para los vehículos automotores, por el alto contenido de azufre, este combustible solo es usado en la industria como pesquero, eléctrico y naviero (INEN et al., 2013, pág.3).

En la Tabla 1.2, indica los requisitos del diésel Nro. 2 que se comercializa en el mercado de la república del Ecuador.

Tabla 1.2 Requisitos del diésel Nro. 2 en Ecuador

Parámetro	Norma	Unidad	Límites	
			Mínimo	Máximo
Número de cetano (A)	ASTMD 613	-	52,0	-
Índice de cetano (B)	ASTMD 4737	-	52,0	-
Densidad a 15 °C	ASTMD 4052 ASTMD 1298 NTE INEN 2319	Kg/m ³	Reportar	
Viscosidad a 40 °C	NTE INEN 810	mm	2,0	5,0
Estabilidad a la oxidación método	ASTDM 2274	g/m	-	200
Contenido de biodiésel	EN 14078	%	- (H)	5
Corrosión a la lámina de cobre	NTE INEN 927	-	-	Clase 1
Contenido de cenizas, Wc	NTE INEN 1492	%	-	0,01
Partículas contaminantes totales	ASTDM 5452	mg/kg	-	10
Lubricidad (HFRR wear scar día @60 °C)	ASTDM 6079	Micrón	-	400

Fuente: (INEN et al., 2013, pág.3)

1.12.3 DIÉSEL PREMIUM

El diésel Premium a diferencia del número 1 y 2, es que tiene un elevado índice de cetanaje, por tal motivo cuando se combustiona en el motor este obtiene un mejor encendido, el diésel Premium es comercializado en Ecuador y se lo puede hallar en estaciones de servicio despachadoras de combustible, el costo de este diésel es más elevado que el diésel número 2, a continuación, se muestra estos valores en la Tabla 1.3.

Tabla 1.3 Requisitos diésel Premium

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Punto de Inflamación	°C	51	-	NTE INEN 1493 Procedimiento A
Contenido de agua y sedimento	% en volumen	-	0,05	NTE INEN 1494
Contenido de Residuo Carbonoso sobre el 10 % del residuo de la destilación	% en peso	-	0,15	NTE INEN 1491
Contenido de ceniza	% en peso	-	0,01	NTE INEN 1492
Temperatura de destilación del 90%	°C	-	360	NTE INEN 926
Viscosidad cinemática a 40°C	cSt	2,0	5,0	NTE INEN 810
Contenido de azufre	% en peso (ppm)	-	0,5 (500)	ASTM 4294 NTE INEN 1490
Corrosión a la lámina de cobre	Clasificación	-	No. 3	NTE INEN 927
Índice de Cetano Calculado	-	45	-	NTE INEN 1495
Contenido de biodiésel	% volumen	5	10	EN 14078

Fuente: (INEN, 2013, pág. 4).

1.13 CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DEL DIÉSEL Y BIODIÉSEL

En la Tabla 1.4 se muestran las características fisicoquímicas que poseen entre el biodiésel y el diésel común.

Tabla 1.4 Características fisicoquímicas del diésel y biodiésel

Propiedades Fisicoquímicas	Biodiésel (B5 al 20)	Diésel
Composición combustible	Ester metílico Grasos C ₁₂ -C ₂₂	Hidrocarburo C ₁₀ -C ₂₁
Poder calorífico inferior, kcal/kg (aprox.)	9500	10800
Viscosidad Cinemática, cSt (a 40°C)	3,5 - 5,0	3,0 - 4,5
Peso Específico, g/cm ³	0,875 - 0,900	0,850
Azufre, % P	0	0.2
Punto Ebullición, °C	190 - 340	180 – 335
Punto Inflamación, °C	120 - 170	60- 80
Punto Escurrimiento, °C	-15 / +16	-35 / -15
Número Cetanos	48 - 60	46
Relación Estequiométrica Aire/Comb. p/p	13,8	15

Fuente: (Torres Adalco, 2017, pág. 326).

1.14 NORMATIVAS EURO

A partir de la aparición de la EURO 1 en el año de 1 991, la Unión Europea ha ido modificando esta normativa poniéndose cada vez más exigente en el límite de emisiones contaminantes de los motores gasolina y diésel hasta llegar al actual EURO 5 y el EURO 6 (Peiró, 2014, pág. 17).

La norma EURO 5 rige en la Unión Europea y es aplicada para la matriculación y venta de vehículos, esta fue aprobada en el año 2007, pero no fue hasta septiembre del 2009 que entró en vigor con la finalidad de disminuir los gases contaminantes y emisiones de partículas emanados por los vehículos. Las normas EURO se enfatizan principalmente en mejorar la calidad del aire que respiran los seres vivos y disminuir la contaminación atmosférica que genera el área del transporte, al igual que las dependencias agrícola e industrial. La norma EURO 6 está en vigencia desde el 1 de septiembre del 2015 y exige a los fabricantes de vehículos perfeccionar sus tecnologías de fabricación existentes para los motores Diésel.

En la Tabla 1.5 se muestra los límites de emisiones permitidos para los automóviles con motor Diésel, establecidos por la unión europea hasta el año 2014.

Tabla 1.5 Límites establecidos por la Norma Euro

LÍMITES DE EMISIONES ESTABLECIDOS POR CADA NORMA EURO PARA LOS TURISMO					
Norma	Entrada en Vigor	CO (g/km)	HCT + NO_x (g/km)	NO_x (g/km)	PM (g/km)
Motor Diésel					
EURO 1	01/07/92	2,72 (3,16)	0,97 (1,13)	-----	0,14 (0,18)
EURO 2	01/01/96	1,0	0,7	-----	0,10
EURO 3	01/01/00	1,0	0,56	0,50	0,05
EURO 4	01/01/05	0,64	0,30	0,25	0,025
EURO 5	01/09/09	0,50	0,23	0,18	0,005
EURO 6	01/09/14	0,50	0,17	0,08	0,005

Fuente: (Nuevo Reglamento Euro 5 y Euro 6, 2009, pág. 48)

1.15 MOTORES DIÉSEL MECÁNICOS

En el año de 1883 se creó el primer motor Diésel por el Ingeniero alemán Rudolf Diésel, el patentó en el año de 1892 su primer motor en el campo industrial dando movimiento a los generadores y a las bombas, por lo que existe un alto rendimiento en los motores térmicos de combustión interna con la utilización de combustible diésel. Es por eso por lo que trabaja

hoy en día con combustibles sumamente diferentes a la gasolina que se basan en estos motores de compresión sin encendido con chispa con un funcionamiento poco volátil (Martínez, 2007, pág. 8).

Mercedes Benz en el año de 1922 patentó el motor de dos cilindros vehicular con una potencia cercana a los 30 hp, en este mismo año la casa Bosch invento una de las principales bombas de inyección con inyectores auxiliares y filtros que prestan más durabilidad en su funcionamiento en el campo del automovilismo (Desantes & Payri, 2009, pág. 20).

En el motor Diésel se reduce cierta cantidad de aire debido a que el compresor es accionado a una presión muy alta en el cilindro y por eso se inyecta el carburante mediante una cantidad de aire, por tal motivo el inyectar directamente tiene fracasos porque no consigue tener pulverización de mezcla y eso no produce una combustión fulminante.

Antes de describir los tiempos de funcionamiento del motor de encendido por compresión, hay que tener en cuenta dos puntos esenciales con los motores de cuatro tiempos donde:

- a) El aire adquiere elevadas temperaturas que alcanza los 700 °C en el interior del cilindro, por ende, se utiliza el combustible diésel con un punto de inflamación alto y con una gran potencia calorífica de 45,0 MJ/kg (Torrado, 2015, págs. 65-67).
- b) La elevada relación de compresión que trabajan los motores Diésel es de 14:1 y 31:1, hacen posible alcanzar un mejor rendimiento térmico, que en comparación en los motores a gasolina que funcionan a bajas relaciones de compresión de 7:1 a 10:1 (Aguilar & Godoy, 2010, pág. 5).

Esta máquina de combustión interna es comparada con el motor a gasolina teniendo en cuenta que en este motor no trabaja con bujías de inflamación, el encendido se lo obtiene gracias al calor producido en la compresión, por lo que comprende de los siguientes tiempos de funcionamiento que son:

- a) La admisión, es cuando el pistón se desplaza del PMS al PMI aspirando aire hacia el interior del cilindro, consecuentemente se cierra la válvula de admisión terminando este tiempo.

- b) En la compresión, el pistón se traslada del PMI al PMS el aire que está en el cilindro se comprime en la cámara de combustión donde el aire calienta hasta alcanzar los 700 °C cerca del punto muerto superior (Sánchez et al., 2013, pág.255).
- c) La expansión, se genera al momento que el combustible es atomizado en el interior del cilindro y por la elevada temperatura generada por la rápida compresión del aire se inflama el combustible y por tal motivo el pistón es empujado hacia el PMI.
- d) El escape, el pistón se desplaza del PMI al PMS evacuando los gases y residuos de la combustión hacia el colector, culminando este ciclo la válvula de escape se cierra y la de admisión empieza su apertura para un nuevo ciclo de funcionamiento.

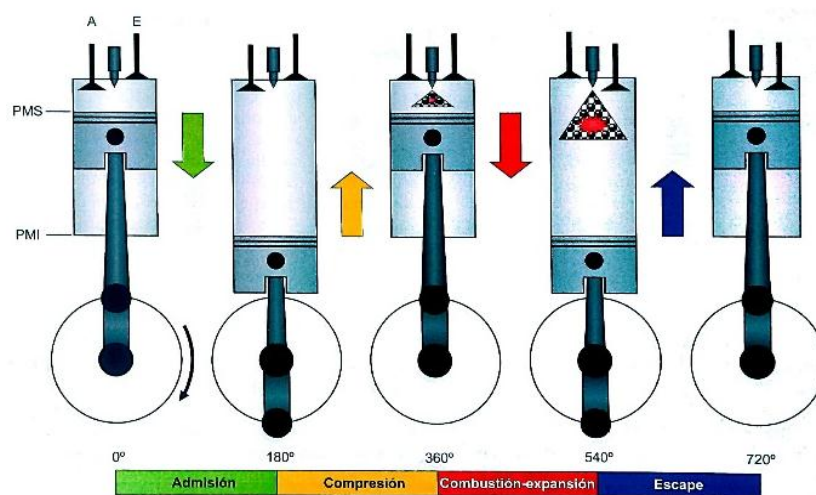


Figura 1.2 Ciclos de Funcionamiento
(Calleja D. G., 2016, pág. 10).

En la Figura 1.2 indica los cuatro tiempos de funcionamiento de un motor Diésel térmico, donde su encendido es producido cuando el aire alcanza elevadas temperaturas de 500 y 700 °C y se comprime a un rango promedio de 170 a 185 psi en la cámara de combustión.

1.15.1 VENTAJAS DEL MOTOR DIÉSEL

La razón por la que un motor Diésel es más económico es por la relación de compresión, cuanto mayor sea es mejor la eficiencia del ciclo y en sí, el motor tiene un excelente rendimiento y un bajo consumo de combustible por tres factores que son:

- a) La relación de mezcla requerida de aire en el combustible para generar la combustión, debe tener una relación que va desde los “10:1 en ralentí a 20:1 durante la aceleración porque solo se inyecta la cantidad exacta de combustible en el cilindro” (Calleja D. G., 2015, pág. 436).

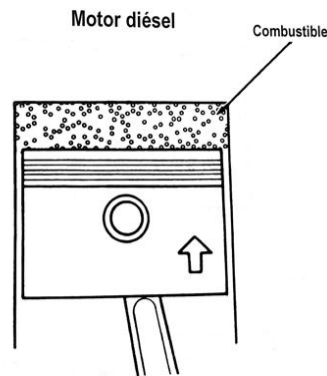


Figura 1.3 Mezcla aire/combustible 20:1 a 10:1
(Alonso Pérez, 2013, pág. 44).

En la Figura 1.3 se observa la relación de mezcla de aire y combustible entre el pistón y la cámara de combustión del motor Diésel.

- b) La relación de compresión da como resultado la suma del volumen del cilindro cuando el pistón se encuentra en el punto muerto inferior más el volumen del cilindro cuando el pistón está en el punto muerto superior, teniendo en cuenta que la relación está entre los “15:1 y 23:1” (Calleja et al., 2015, pág. 437).

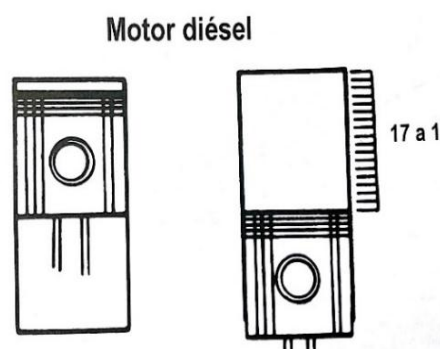


Figura 1.4 Relación de compresión
(Alonso et al., 2013, pág. 42).

En la Figura 1.4 muestra la relación de compresión del motor cuando el pistón va desde el punto muerto inferior al punto muerto superior.

- c) La pérdida de bombeo en el motor Diésel se refiere a que no pierde energía tratando de impulsar el aire a través del colector de admisión, con el fin de tener menor pérdida de bombeo en comparación con el de gasolina.

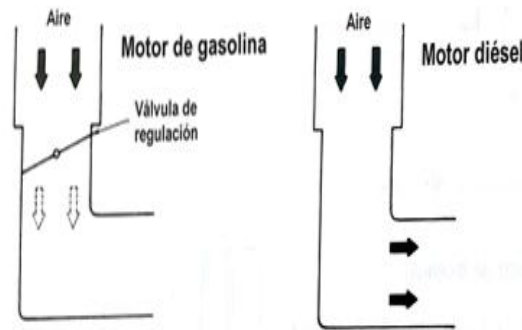


Figura 1.5 Pérdida de Bombeo en el sistema de admisión del motor
(Denton, 2016, pág. 164).

En la Figura 1.5 se observa que el colector de admisión del motor no existe ninguna mariposa de aceleración que obstruya el paso de aire hacia los cilindros. La utilización del diésel “es como máximo de unos 200 gr. por CV efectivo por hora (200 gr. CVE/h.), es decir que en cada hora de funcionamiento consume 200 gramos de combustible por CV efectivo que produce” (Calleja et al., 2015, pág. 46). Los motores Diésel en todo su funcionamiento son menos riesgosos que los de gasolina, ya que por lo habitual el combustible no se va a inflamar fácilmente.

1.15.2 DESVENTAJAS DEL MOTOR DIÉSEL

Existen varios factores que denotan desventajas en el diseño del motor Diésel:

- Costo de fabricación:** Estos motores al ser sometidos a un alto régimen de trabajo exigen a sus componentes un elevado esfuerzo, en el cual deben de ser fabricados con materiales duraderos y que puedan resistir el apriete que indica el fabricante, por esa razón el montaje y los elementos de las piezas motrices son costosas.
- Mantenimiento:** Cualquiera que haya manejado un vehículo con motor diésel habrá podido observar que produce exceso de humo negro por el escape, esto se debe al

combustible que no se está combustionando correctamente, por lo tanto, los procesos de mantenimiento son distintos para los sistemas de combustible y encendido, el técnico debe conocer la localización de averías para realizar las precisas reparaciones en los motores Diésel.

- c) Arranque en frío: Este motor utiliza distintos sistemas para facilitar el primer arranque en frío, como calentadores especiales de combustible y bujías de precalentamiento, estos elevan la temperatura del motor porque mientras más baja sea la temperatura del aire más difícil es proporcionar el suficiente calor para el encendido.

1.16 BOMBA DE INYECCIÓN ROTATIVA

La bomba de inyección rotativa es una innovación que se caracteriza por su diseño para abastecer combustible a motores de baja cilindrada, estos motores poseen los vehículos de turismo y también los industriales, los mismos que necesitan un sistema de inyección de fácil manejo. La Bomba rotativa tiene una velocidad de giro que es igual a la del árbol de levas del motor que en comparación al cigüeñal ya que gira a la mitad de la velocidad de rotación. Este giro llamado movimiento sincrónico se logra por medio de piñones, correa dentada o cadena que accionan al eje principal de la bomba, teniendo en cuenta el sentido de giro, sea a la derecha o a la izquierda ya que de eso depende el orden de inyección para cada uno de los cilindros del motor.



Figura 1.6 Bomba Rotativa
(Ibáñez, 2012, pág. 78)

Se ilustra la bomba de inyección rotativa de cuatro salidas en la Figura 1.6.

La bomba rotativa realiza el trabajo de un regulador y el variador de avance de forma conjunta al poseer un grupo compacto y su tamaño es reducido, este sistema es capaz de presurizar el combustible a través de un único elemento y logra suministrar combustible a los diferentes cilindros, para realizar este trabajo necesita de un distribuidor rotativo.

La aplicación y el diseño de una bomba se determinan por el número de rpm de un motor Diésel donde la utilización de las bombas de inyección rotativas se usa en automóviles de turismo, camiones, tractores y también en motores estacionarios. La gran diferencia que existe entre una bomba de inyección lineal y una rotativa es que esta última posee un solo elemento de bombeo distribuidor que sin importar el número de cilindros que tenga el motor, posee como repartidor una lumbrera que asegura la dosificación de combustible en las distintas salidas de los inyectores en cada uno de cilindros del motor Diésel.

1.16.1 VENTAJAS DE LA BOMBA DE INYECCIÓN ROTATIVA

- Posee menor peso.
- La dosificación de combustible es igual para todos los cilindros.
- Su velocidad de giro es muy elevada.
- El tamaño es reducido, también su instalación es más fácil y dispone de un buen acoplamiento.
- Baja contaminación auditiva.
- Mayor precisión de funcionamiento de acuerdo con la dosificación del combustible.

1.16.2 CIRCUITO DE COMBUSTIBLE DE LA BOMBA ROTATIVA

Este sistema empieza desde el depósito de combustible donde una bomba de alimentación absorbe el diésel desde el tanque para pasar por las cañerías de baja presión y por un sistema de filtros hasta llegar a la bomba rotativa donde inicia el sistema de alta presión que constituye las cañerías de metal y los inyectores mecánicos. El combustible es enviado a una “presión de 300 bares por el cabezal hidráulico a través de los conductos de alta presión hasta los inyectores para posteriormente el combustible sea inyectado en el cilindro” (Correa & Fuentes, 2017, pág. 2).

Esta bomba tiene unos orificios de estrangulación que pueden obstruirse o taparse por la mala calidad del diésel que viene con impurezas y partículas, para evitar estos contratiempos de debe sustituir los filtros de combustible con más frecuencia, donde la refrigeración y la lubricación de la bomba rotativa se realiza a través del mismo diésel.

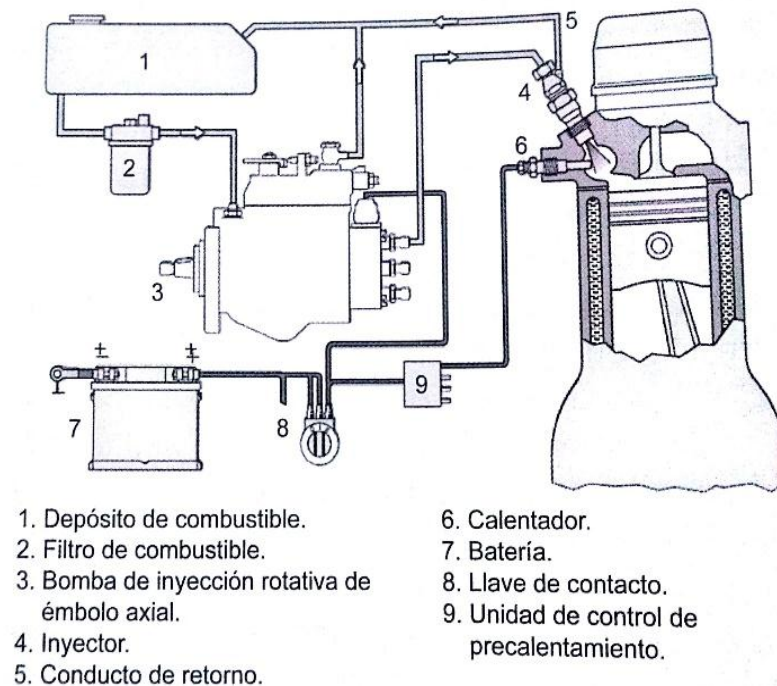


Figura 1.7 Esquema de la Bomba Rotativa
(Goñi et al., 2016, pág. 76).

La Figura 1.7 detalla que la bomba de inyección rotativa suministra combustible a todos los cilindros con un mismo caudal de combustible, la dosificación para cada inyector es a través de un distribuidor rotativo de esta manera se señala que las bombas rotativas más utilizadas son la de pistón opuesto y la de émbolo deslizante.

En el circuito de alimentación se conforma de los siguientes elementos que son:

- a) Bomba de transferencia: El combustible llega a la bomba de inyección por un canal de alimentación donde pasa por un orificio a la cámara que dispone el motor, donde es llevado hacia la parte superior de la bomba que ingresa por medio de una abertura ya que en el mismo instante que ingresa, el combustible es trasferida a la válvula de control de presión.

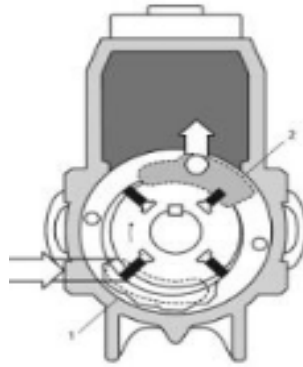


Figura 1.8 Bomba de Transferencia
(Calleja D. G., 2015, pág. 77).

En la Figura 1.8 recalca la parte de la bomba de transferencia donde el combustible es succionado del tanque de almacenamiento a través de la lumbrera de aspiración e impulsión (1 y 2), de una bomba de tipo de paletas que permite trasladar el combustible al interior de la bomba a una determinada presión.

- b) Accionamiento de la bomba: Se ejecuta de forma que el eje guía de la bomba gira sincronizadamente con el movimiento biela manivela del pistón del motor Diésel. Dicho movimiento sincronizado se logra gracias a la ayuda de una correa, piñón de acoplamiento y rueda dentada o cadena, donde el orden de inyección depende del sentido de rotación, pero las salidas inyectan perennemente la mezcla estequiométrica según el orden de disposición.
- c) Sección de baja presión: En el sistema de alimentación de los motores Diésel, el combustible es absorbido del depósito con la ayuda de la bomba de alimentación de aletas e impulsado al interior de la bomba de inyección. Para lograr una presión determinada en función del régimen del motor, es necesario una válvula reguladora para ajustar una presión en un determinado régimen del motor, donde incrementa equitativamente el número de rpm del motor Diésel.
- d) Válvula reguladora de presión: Esta válvula reguladora de presión se encuentra ubicada cerca de la bomba de alimentación de aletas, su función es suministrar una dosis del caudal de la mezcla donde automáticamente se abre el agujero de retorno permitiendo que la sobre alimentación de combustible regrese a la entrada de la bomba para ser nuevamente enviado a los inyectores (Calleja et al., 2015, pág.81).

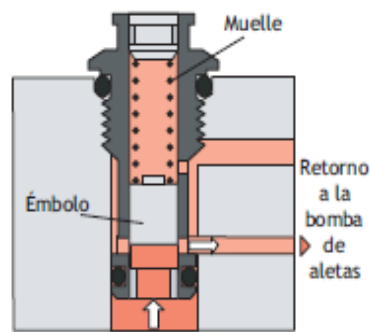


Figura 1.9 Válvula Reguladora de Presión
(Sánchez E. , 2013, pág. 313).

En la Figura 1.9 indica que la válvula es como una corredera, sujeta por un muelle, de esta manera se puede transformar la presión en el interior de la bomba dependiendo del caudal de la mezcla de alimentación.

- e) Regulador de velocidad: El sistema regulador posee dos contrapesos que giran sobre un mismo eje siendo solidarios al sistema de la bomba de forma que el movimiento radial de los dos contrapesos se llegue a transformar en desplazamiento axial del regulador, el cual aplica contra el sistema de palancas de la regulación compuesto por la palanca de arranque y también la de tensión, la palanca de arranque dispone de una rótula en su parte inferior que actúa en el tope del regulador. De la misma forma en la parte superior de la bomba se ajusta el muelle de arranque que se ayuda en la varilla de tensora, la misma que es articulada en el eje común de la parte superior, esta varilla es a su vez posicionada por el ralentí donde el perno que fija está alcanzando al muelle de regulación.

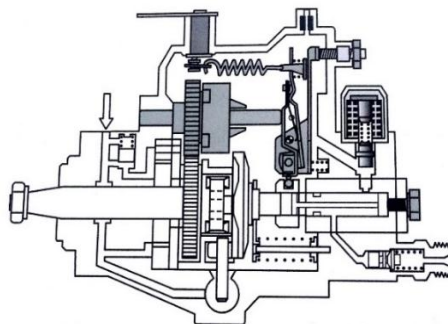


Figura 1.10 Regulador de Velocidad
(Calleja et al., 2015, pág. 26).

En la Figura 1.10 se aprecia que el sombreado dentro de la bomba rotativa existe un regulador de velocidad mecánico que logra su activación a través de la fuerza centrífuga.

- f) Estrangulador de rebose: Se encuentra ubicado en la parte superior de la bomba que está sujeta por medio de una rosca, su función es permitir el paso de combustible conocido como el retorno del caudal al depósito o tanque de almacenamiento de combustible, por medio de un orificio donde cuyo diámetro es de 0,6 mm. El agujero nos ayuda cuando existe una sobre dosis de combustible en la salida de la bomba ayudando a que la presión de combustible sea constante dentro de la bomba de inyección, el estrangulador de rebose y la válvula reguladora trabajan en conjunto.

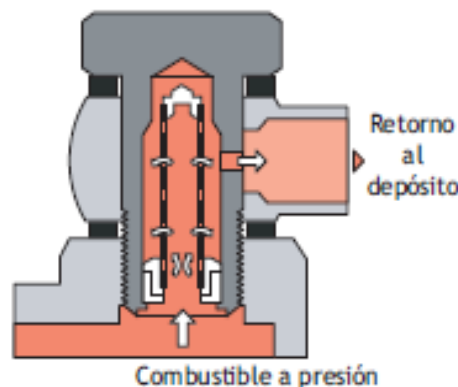
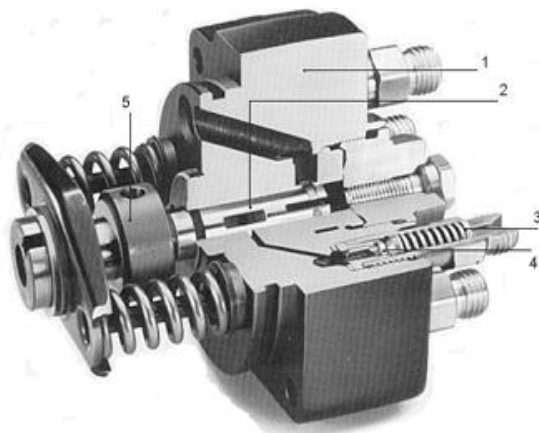


Figura 1.11 Estrangulador de Rebose
(Sánchez et al., 2013, pág. 313).

En la Figura 1.11 muestra el estrangulador de rebose el cuál se encarga de comunicar el combustible al interior del depósito.

- g) Disco de levas: El disco de levas interviene en el funcionamiento del inyector actuando sobre el tiempo que se demora la presión de inyección, los puntos más relevantes son la carrera y la velocidad de elevación de la leva de la bomba, la inyección tendrá que trabajar individualmente, pero a su vez deberían estar coordinados. Por dicho conocimiento, para cada motor se calcula y se configura una pista adecuada de levas que finalmente se instala en la parte frontal del disco que va en la bomba de inyección.
- h) Conjunto de la bomba: En el conjunto de la bomba tiene una corredera de regulación que está exactamente ajustadas entre ellas por medio de un rodaje, ya que su estanqueidad es total aun estando a presiones más elevadas. En el caso de una sustitución lo adecuado debe ser que todo el conjunto tiene que ser reemplazado por un sistema nuevo ya que no se logra encontrar por partes el conjunto de la bomba.



1. Cabeza distribuidora.
2. Émbolo distribuidor.
3. Racor de impulsión.
4. Válvula de reaspiración (también llamada de impulsión).
5. Corredera de regulación.

Figura 1.12 Conjunto de Bomba
(Sánchez et al., 2009, pág. 316)

En la Figura 1.12 muestra los elementos de bombeo que forman el conjunto de la bomba que son los encargados de proporcionar el combustible a cada uno de los cuatro inyectores del motor.

- i) Válvula de respiración: Conocida como válvula de impulsión que a su vez la tubería que conecta la bomba con el inyector se encuentra aislada de la bomba de inyección. La función de dicha válvula es aliviar la tubería de inyección cuando finaliza el ciclo de alimentación, succionando un volumen exacto para conservar la presión en la tubería, de esta manera la próxima inyección no tendrá dificultad o no presentaría ningún retraso de la inyección, de tal forma se debe tener muy presente la caída brusca de la presión del combustible en las cañerías para producir el cierre inmediato del inyector, evitando así de esta manera la mínima salida de combustible.
- j) Variador de avance: Determina el inicio de la inyección según las necesidades del motor, así demuestra que el plato porta rodillos está sujeto en la armazón de la bomba permitiendo su desplazamiento marcando sus distintos ángulos de posición arrastrando juntamente con su movimiento a los rodillos, además altera su posición con relación al plato de levas. Se entiende que la presión de transferencia aumenta la velocidad de giro del cigüeñal del motor, a partir de un cierto régimen la presión supera la fuerza del muelle provocando el desplazamiento del émbolo.

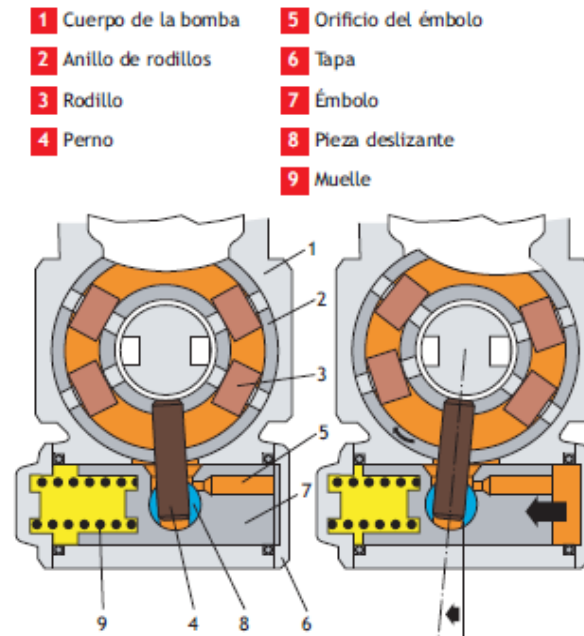


Figura 1.13 Variador de Avance
(Sánchez et al., 2013, pág. 322).

En la Figura 1.13 muestra todos los elementos móviles del variador de avance en el cual se encarga de adelantar la inyección de combustible con el aumento del régimen de giro del motor.

1.16.3 REGULACIÓN MECÁNICA DE LA DOSIFICACIÓN DE COMBUSTIBLE

El funcionamiento de los vehículos diésel es eficiente cuando el motor se acopla a cualquier movimiento del acelerador cuando se decida ponerlo en marcha, si la posición del pedal del acelerador varía, el automóvil se debe acelerar o detenerse sin ningún tirón. La velocidad siempre se mantendrá constante al dejar de pisar el pedal, dicha función está relacionada al regulador de la dosificación de combustible que reparte a la bomba de inyección.

1.17 PARÁMETROS FUNDAMENTALES DEL MOTOR DIÉSEL

En los motores de combustión interna se encuentran los parámetros y las curvas características para evaluar el funcionamiento del motor.

1.17.1 TORQUE

El torque es un indicador del buen funcionamiento del motor de tal forma que muestra la cantidad de fuerza que se desarrolla y a su vez controla la rapidez con la que trabaja el automóvil. El movimiento sincronizado de los pistones se convierte en un movimiento circular donde conseguimos la fuerza que necesita el motor, estas fuerzas se le denomina par o torque. En términos más técnicos, “el torque es una fuerza que desarrolla los eslabones de rotación, se logra entender como la capacidad que tiene el motor para mover un vehículo sin importar que el vehículo este con carga máxima o carga mínima” (Ochoa & Salazar, 2018, pág. 12), podemos decir que el torque es la fuerza que tiene el vehículo para salir del reposo cuando tiene una velocidad inicial de cero.

1.17.2 CURVA DE TORQUE

El valor del par motor no es constante ya que a pesar de que el radio de la muñequilla del cigüeñal sea siempre el mismo, la fuerza que recibe el cigüeñal del pistón a través de la biela varía porque la presión que se genera en la cámara de compresión cambia por una serie de factores (Cevallos Tayan, 2017, pág. 17).

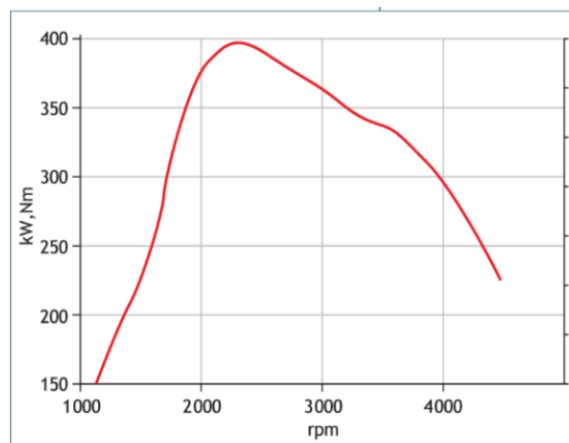


Figura 1.14 Diagrama de par motor
(Cevallos et al., 2017, pág. 56).

En la Figura 1.14 muestra que la curva de torque se forma antes de que el motor alcance su punto máximo de revoluciones por minuto, para luego descender paulatinamente.

1.17.3 POTENCIA

“La potencia es el trabajo que se desarrolla por unidad de tiempo, esto es la rapidez con que se realiza un trabajo, midiéndose en caballos de potencia (HP)” (Moralez, Ponse, & Mercedes, 2007, pág. 31). Es decir, la potencia es la velocidad que adquiere el automóvil después de su inicio ya que para la salida se necesita de un torque mucho más grande para mover todo el peso del automóvil en otras palabras la potencia es la fuerza del vehículo cuando ya adquiere viada. Para conseguir la potencia de un motor matemáticamente se debe realizar una operación no tan complicada, se debe multiplicar el torque por las revoluciones por minuto y de esta forma se sabe que cantidad de potencia se necesita para que el vehículo salga de su velocidad inicial que es cero, donde el vehículo logra su hp máximo alcanzando su máxima velocidad de giro y luego cae gradualmente.

1.17.4 CURVA DE POTENCIA

La potencia es directamente proporcional al par y al número de revoluciones. El par aumenta con las revoluciones hasta un punto; por tanto, a medida que aumentan las revoluciones y el par, la potencia sube rápidamente. A partir de que el par empieza a disminuir, la potencia sigue subiendo, aunque más lentamente, hasta que la proporción del aumento de revoluciones es menor que la disminución del par (Cevallos et al., 2017, pág. 18).

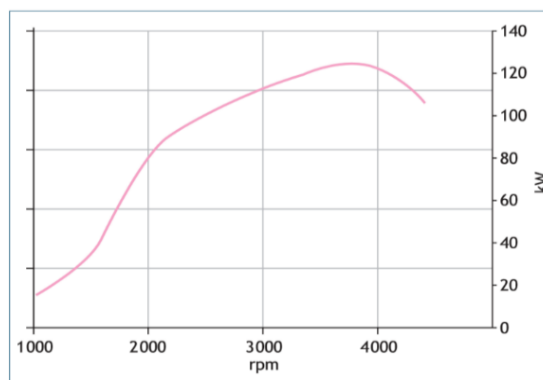


Figura 1.15 Diagrama potencia motor
(Cevallos et al., 2017, pág. 56).

En La Figura 1.15 muestra que la curva de potencia se da progresivamente en función de las rpm, donde alcanza su punto máximo y la curva empieza a descender.

1.17.5 CONSUMO DE COMBUSTIBLE

Los sistemas convencionales utilizados por los vehículos autopropulsados, provienen de los combustibles fósiles, sin embargo en los últimos años se ha presentado una creciente preocupación por el ahorro de combustibles y el cuidado del medio ambiente, lo que ha dado paso a los biocombustibles como fuente de energía para la propulsión de los vehículos, cuyo principal objetivo es reducir el consumo de combustibles fósiles (Chele Sancan, 2017, pág. 2). El consumo de combustible de los motores de combustión interna está determinado por diferentes factores en los cuales se puede señalar los siguientes:

- Irregularidades de carretera
- Número de cilindros y su distribución
- Cámara de combustión, su diseño y régimen térmico, la relación de compresión de acuerdo con el tipo de combustible
- Sistema de suministro de combustible y aire
- Diseño de los mecanismos de distribución esto es el suministro de aire y combustible y evacuación de los gases residuales (Gonzáles & Rodríguez, 2010, pág. 4).

CAPÍTULO II

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 FUNDAMENTACIÓN

El propósito de la investigación es demostrar que el biodiésel a base de aceite de higuera sea eficaz en un motor con sistema de bomba rotativa electrónica, sabiendo que la mezcla B10 es el 90 % de diésel fósil y el 10 % de biocombustible, este combustible es alternativo y renovable donde verificará el comportamiento del motor.

2.1.1 PROCESO METODOLÓGICO

Con la ayuda del esquema gráfico se entenderán los métodos que muestran las fases de este capítulo.

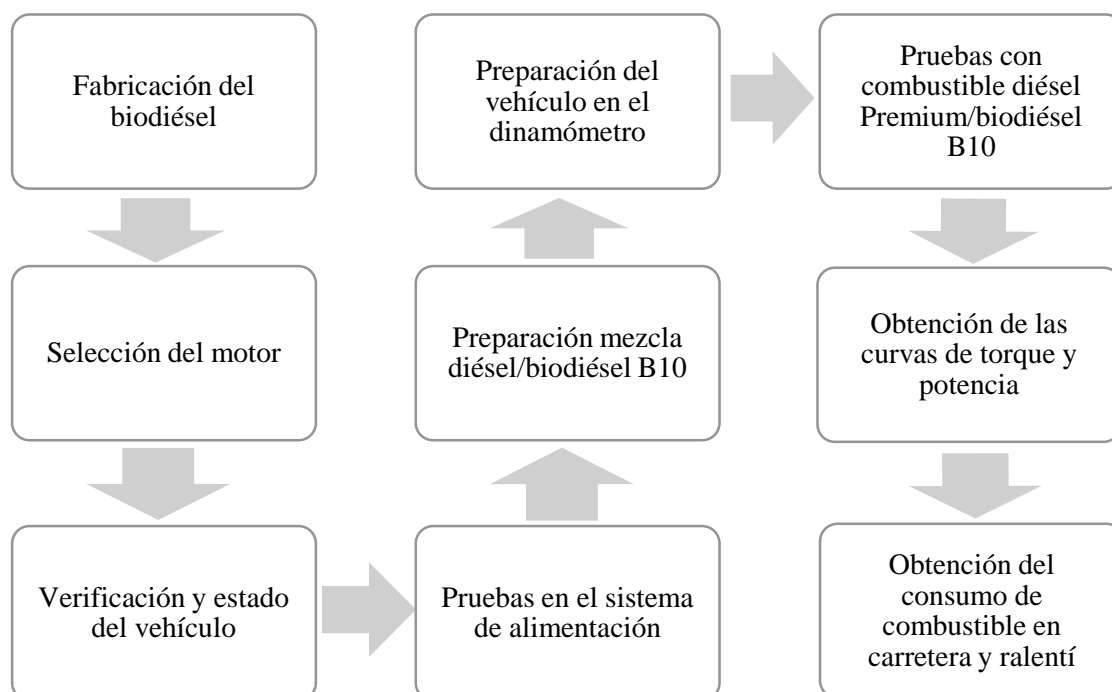


Figura 2.1 Etapas del desarrollo de la metodología

En la Figura 2.1 muestra las etapas que constituyen la metodología y el orden en el que se realizarán los diferentes pasos.

2.2 MATERIALES Y EQUIPOS

Se detallan los siguientes materiales y equipos que se utilizaron en la elaboración del biodiésel de esta presente investigación.

2.2.1 ACEITE DE RICINO (HIGUERILLA)

El aceite de ricino se conoce como al aceite de higuera, esta planta es altamente invasora que crece velozmente en climas templados convirtiéndose en maleza por lo que se desarrolla en lugares áridos que no afectan la seguridad alimentaria, dentro de sus características se resalta que es fácil de conocer debido a sus frutos de forma circular y por ende se utiliza en varias aplicaciones, como en esta investigación la elaboración del biodiésel.



Figura 2.2 Aceite de Higuera

En la Figura 2.2 muestra el aceite de higuera que se utilizó para la fabricación del biodiésel.

2.2.2 HIDRÓXIDO DE SODIO

Al hidróxido de sodio se lo llama también sosa cáustica, es una sustancia peligrosa por lo que si existe algún tipo de contacto con la piel hay que enjuagar inmediatamente con agua fría en abundancia y acudir a un centro médico lo más rápido posible antes que presente riesgos como quemaduras debido a que es un químico en forma sólida o en disolución, por

eso hay que tener en cuenta que para su almacenamiento debe ser en depósitos sellados y lejos de personas que desconozcan su toxicidad de (NaOH), también se debe llevar un equipo de protección personal adecuado con el fin de reducir riesgos.

Por otra parte, se utiliza para la elaboración de algunos implementos que se usa a diario como: jabones, detergentes, aluminio, entre otros, tomando en cuenta que también se usa en medicamentos ya sea para el colesterol alto o en analgésicos comunes como la aspirina, su adquisición es restringida ya que también es utilizada para la elaboración de sustancias estupefacientes.



Figura 2.3 Hidróxido de sodio

En la Figura 2.3 se observa los 100 gramos de hidróxido de sodio para la fabricación del biodiésel.

2.2.3 METANOL

El metanol es un compuesto químico que se usa en la elaboración de algunos productos como: empaques de poliéster, resinas, aditivos y combustibles donde este líquido puede ser obtenido en grandes cantidades, su fórmula química es CH_3OH . Este líquido se lo utiliza con mucha precaución, ya que si es inhalado presenta irritaciones debido a su alta toxicidad, en su mayoría es utilizado para la elaboración de combustibles para motores (Echeverría et al., 2018, pág.42).



Figura 2.4 Metanol

En la figura 2.4 se indica los 4 litros de metanol que se utilizó en la elaboración del biodiésel.

2.2.4 BALANZA GRAMERA

La balanza gramera es un equipo especial cuyo funcionamiento es pesar cantidades muy pequeñas que ayuda a determinar la masa de diferentes sustancias donde tiene una precisión de 0,1 a 0,01 g, y su capacidad máxima de peso es de 2 a 2,5 kg siendo un equipo muy utilizado en los laboratorios donde hemos utilizado 100 gramos de hidróxido de sodio NaOH en la investigación.



Figura 2.5 Balanza gramera

En la Figura 2.5 se muestra la balanza gramera que se utilizó en la investigación para pesar exactamente el hidróxido de sodio.

2.2.5 VASOS PRECIPITADOS Y PROBETA

Estos vasos precipitados son recipientes que se utilizan para medir volúmenes con exactitud, por lo que en esta investigación nos ayudará a calcular los dos tipos de combustibles consumidos en las pruebas de ralentí y carretera con (diésel Premium/biodiésel B10).



Figura 2.6 Vasos de precipitación y probeta

En la Figura 2.6 se observa dos vasos de precipitación de 800 y 550 (ml) respectivamente junto con una probeta de 100 (ml).

2.2.6 REACTOR QUÍMICO DISCONTINUO

Para la elaboración del biodiésel se utilizó un reactor químico discontinuo o también llamado Batch, este es un medio de creación de sustancias a grandes escalas con el cuál se caracteriza por tener un lapso donde no se puede agregar, ni retirar el material durante el proceso, en este reactor se puede manipular las variantes de temperatura y presión que son sometidos en su interior de los tanques y posteriormente a descargar los productos de la reacción donde existe una llave de paso que está ubicada en la parte inferior del reactor.

El reactor produce una agitación o movimiento a una temperatura controlada para que el aceite se precaliente hasta que los reactantes se disuelvan en los tanques y así logrando alcanzar conversiones aceptables donde se trabaja a temperaturas cercanas a los 65 °C.



Figura 2.7 Reactor de tres depósitos (Batch)

En la Figura 2.7 muestra el reactor de la Universidad Técnica del Norte, donde el aceite de Higuierilla entra en un proceso de transesterificación que se realiza con el metanol, en el cual los ácidos grasos tienden a alejarse de la glicerina.

2.2.7 TACÓMETRO Y MEDIDOR DE TEMPERATURA MGT-300

El equipo cuantifica con absoluta exactitud las RPM y la temperatura del motor ya que en el tablero del vehículo no es preciso y por tal motivo se usa esta herramienta digital porque da la facilidad de medir datos puntuales y así generando distinta información del automóvil ya sea de alimentación a gasolina o diésel. El tacómetro y el medidor de temperatura trabajan simultáneamente en el mismo dispositivo notificando datos a tiempo real mientras el vehículo este encendido en las pruebas a realizar.



Figura 2.8 Tacómetro y Medidor de Temperatura

En la Figura 2.8 se muestra un equipo que se utilizará en las pruebas en ralentí para medir la temperatura del aceite del motor y las revoluciones por minutos en las que trabaja.

2.2.8 DINAMÓMETRO INERCIAL

El dinamómetro inercial tiene un método de micro controlador que está vinculado al computador donde concede a cualquier automóvil trabajar a velocidades determinadas y registrar resultados de una forma gráfica en el cual se obtiene el torque y la potencia de un motor, su etapa de funcionamiento se establece en la valoración de energía necesaria que se requiere para acelerar una determinada masa en un lapso de tiempo con lo que da como resultante la potencia necesaria que a partir de ese dato se obtiene el par motor. Para que pueda medir el par, la masa tiene que estar acelerándose, por lo que involucra que la naturaleza de manipulación del dinamómetro del chasis inercial imposibilita las pruebas de velocidad constante. “Por otra parte, la ventaja del dinamómetro inercial es que de ningún modo necesita ser calibrado ya que solamente se trata de una masa constante. Eso significa que es un instrumento con muy buena repetitividad” (Morones, 2013, pág. 5).

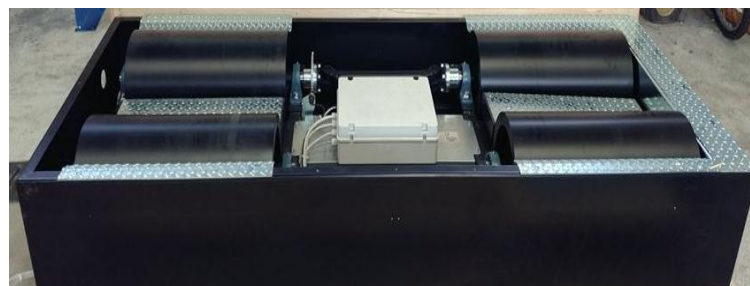


Figura 2.9 Dinamómetro

En la Figura 2.9 indica el dinamómetro en el cual se van a realizar las pruebas.

2.2.9 FICHA TÉCNICA DEL DINAMÓMETRO

El dinamómetro de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz de la Universidad Técnica del Norte posee las siguientes características mostradas en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1 Ficha técnica del dinamómetro

DATOS	
Marca	Italiana Vamag
Potencia Máxima	400 HP
Torque	1 500 Nm
Voltaje de suministro	220 - 400V AC (1-3/N/PE)
Frecuencia	50 - 60 HZ
Corriente nominal	16 Amp.
Masa	1 200 kg
Dimensiones	3 070 x 870 x 310 h mm
Presión del circuito de aire comprimido	6 bar
Diámetro del rodillo	240 mm
Ancho de rodillo	660 mm
Velocidad máxima	180 km/h

(Vamag, 2017, pág. 4)

2.2.10 FICHA TÉCNICA DEL VEHÍCULO

La Chevrolet LUV D-MAX es un vehículo de carga, que permite ser usado en zonas rurales como también en la ciudad, cuenta con una transmisión 4x4, además este transporte fue elegido por tener un sistema de alimentación diésel y por poseer una bomba rotativa electrónica VP44.

Los datos técnicos del vehículo se muestran a continuación en la Tabla 2.2, por lo que nos será de gran ayuda para esta investigación, con el fin de tener las pruebas de torque y potencia en el dinamómetro.

Tabla 2.2 Ficha Técnica del Vehículo

Versión	LUV D-MAX TM 3.0
Modelo	2013
Combustible	Diésel CD
Potencia Neta (HP/RPM)	130 / 3 800
Par Neto (Nm/RPM)	279,3 / 2 000
N.º de cilindros	4 en línea
N.º de válvulas	8
Cilindrada	2 999 cc
Alimentación	Diésel “Bomba Rotativa VP44”
Tracción	4x4
Capacidad del depósito	76 litros
Velocidad Máxima	140 km/h
Consumo de combustible	7,4 litros/100km

(Chevrolet, 2013, pág. 2)

2.3 FUNCIONAMIENTO REAL DEL MOTOR

Para verificar en qué condiciones se encuentra funcionando el motor Chevrolet LUV D-MAX 3.0 se revisó minuciosamente el motor al igual que sus sistemas complementarios, con lo cual se garantice los resultados reales en las pruebas de esta investigación. Se examinó de la siguiente manera:

- Control del nivel de aceite en el motor y de agua en el radiador

- Revisión general del sistema de alimentación de combustible
- Verificación de la presión en los neumáticos
- Sustitución de los filtros de combustible
- Limpieza del depurador y filtro de aire

2.3.1 BOMBA ROTATIVA ELECTRÓNICA VP44

La marca Bosch en el año 2001 empezó una presentación de una variante a la bomba rotativa convencional llamada VP44, esta bomba contribuye con un alto rendimiento y una máxima eficiencia al motor ya que su funcionamiento es igual a la bomba tradicional, con la diferencia que posee un controlador electrónico y además en la forma que produce la presión es por dos pistones que comprimen el combustible.

Esta bomba VP44 es muy fácil de reconocerla, ya que en la parte posterior posee un conector de 9 pines y un micro controlador, el cual redujo la robustez de la bomba y así aprovecha el poder calorífico del diésel, su diseño es para motores con inyección directa y para vehículos que tengan una tensión de 12 y 24 voltios proporcionando a los autos una mayor presión de inyección y disminución del consumo de combustible, ya que todo el sistema de alimentación se basa en la comunicación CAN BUS con inyectores mecánicos.

Las bombas rotativas tradicionales calibradas mecánicamente producen presiones cercanas a 350 bares, en cambio la bomba mejorada VP44 regulada electrónicamente genera presiones que se aproximan a los 800 bares con lo cual se tiene las siguientes ventajas:

- La VP44 permite una excelente sincronización entre la cantidad de combustible de inyección en el momento adecuado.
- Al añadir un Sistema de Unidad de Control (UCE) se puede controlar tanto a la bomba como al motor permitiendo que este sistema sea más confiable que el tradicional.
- La bomba VP44 reduce la emisión de smog en la aceleración ejerciendo un dominio en la cantidad de Diésel que se inyecta al motor, lo que evita que se produzca un exceso de contaminación.

2.4 OBTENCIÓN DEL BIODIÉSEL

Para la elaboración del biodiésel es importante tener la materia prima como: el aceite de Higuierilla, el metanol (CH_3OH) y el hidróxido de sodio (NaOH), los cuáles van a ser sometidos en el reactor, considerando que:

- Por cada 1 000 ml (1 litro) de aceite de ricino (Higuierilla) se utiliza 0,2 litros de metanol (Díaz & Vaca, 2017, pág. 23).
- Por cada 1 000 ml (1 litro) de aceite de ricino (Higuierilla) se utiliza 5 gramos de hidróxido de sodio.

Metanol

Aceite de Higuierilla (l) *Metanol (l)*

$$\begin{array}{ccc} 1 & \longrightarrow & 0,2 \\ 20 & \longrightarrow & x \end{array}$$

$$x = 20 \text{ l} \times 0,2 \text{ l} \quad [2.1]$$

$$x = 4 \text{ litros de metanol}$$

$$x = 4\,000 \text{ ml}$$

Hidróxido de sodio (NaOH)

Aceite de Higuierilla (l) *Hidróxido de Sodio(g)*

$$\begin{array}{ccc} 1 & \longrightarrow & 5 \\ 20 & \longrightarrow & x \end{array}$$

$$x = \frac{20 \text{ l} \times 5 \text{ g}}{1 \text{ l}} \quad [2.2]$$

$$x = 100 \text{ g NaOH}$$

En la Tabla 2.3 se muestra que los 20 litros de aceite de ricino (Higuerilla) se utilizó 100 gramos de hidróxido de sodio y 4 litros de metanol.

Tabla 2.3 Materiales utilizados para el Biodiésel

Materiales	Cantidad
Aceite de Ricino (Higuerilla)	20 litros
Hidróxido de Sodio	100 gramos
Metanol	4 litros

Estos materiales sirven para la elaboración del biodiésel en el reactor donde entren a ciertas temperaturas durante distintos tiempos.

2.4.1 GASES QUE SE PRODUCEN AL MOMENTO DE OBTENER BIODIÉSEL

Los gases que surgen en la fase de producción del biodiésel son: el hidróxido de sodio (NaOH), el monóxido de carbono (CO) y el metanol (CH₃OH) mediante una transformación química en el cual se utiliza temperaturas altas que se aplican en un reactor industrial, donde la constante exposición de estos gases causa irritaciones a las membranas mucosas de la nariz y la garganta. En la obtención del biodiésel en el taller de la Universidad Técnica del Norte posee extractor de olores, pero para estar seguros de no inhalar esos gases se recurrió al uso de protectores respiratorios y a una excelente ventilación.

2.5 PROCESO DEL BIODIÉSEL A BASE DE ACEITE DE HIGUERILLA

El propósito de la elaboración del biodiésel a utilizar en el vehículo es evidenciar los resultados de los parámetros del funcionamiento con el biocombustible B10, donde se apuesta nuevas posibilidades de generación de combustibles a base de recursos renovables.

A continuación, se mencionan los siguientes pasos para la elaboración del biodiésel en el reactor de la Universidad Técnica del Norte:

- Se verifica que el reactor este en buenas condiciones realizando una prueba piloto con agua que limpiará los tanques y conductos si estuviesen obstruidos.
- Se colocan los 4 litros de metanol y el hidróxido de sodio en el tanque número 1 llamado Metóxido.
- Luego se mezclan estas dos sustancias durante 30 minutos a una temperatura de 65°C, si se supera esta temperatura el metanol tiende a evaporarse.
- Posteriormente se depositan los 20 litros de aceite de Higuierilla en el reactor.
- Después de los 30 minutos que el metanol y el hidróxido de sodio estén completamente mezclados se procede a combinarlos con el aceite de Higuierilla que ya está en el reactor.
- Se esperan 4 horas para que se genere la transesterificación en el reactor a una temperatura de 50 °C.
- Por último, terminan las 4 horas de transesterificación y la mezcla se pasa al tanque de lavado y secado, donde se esperan 12 días para que la glicerina se separe del biocombustible, y así obtener el biodiésel.

2.6 MEDIDAS DEL pH EN EL BIODIÉSEL

El pH es una unidad de medida que expresa o cuantifica su acidez o alcalinidad de dicha sustancia, en este caso la del biodiésel donde el pH tiene una escala de 0 a 14 por lo que significa que los valores mayores a 8 es alcalinidad y menores de 8 es acidez, si su valor es de 8 corresponde a un pH neutro. Para realizar esta prueba se hace por el método colorimétrico, el proceso fue hecho por un indicador de papel en forma de tira con colores establecidos de fábrica, la medida se obtiene sumergiendo la tira de papel en el biodiésel y así se espera a que cambie su color para identificar en que escala se encuentra y totalmente listo para la mezcla B10.

Cuando se realizó el proceso de transesterificación con los materiales adecuados en el reactor, después de estar 12 días de reposo para que la glicerina se separe por completo del biodiésel, se mide su alcalinidad o acidez con una tira de papel pH donde verificó el color

del biodiésel por lo que como resultado dio un pH-7 siendo una solución ideal para esta investigación.

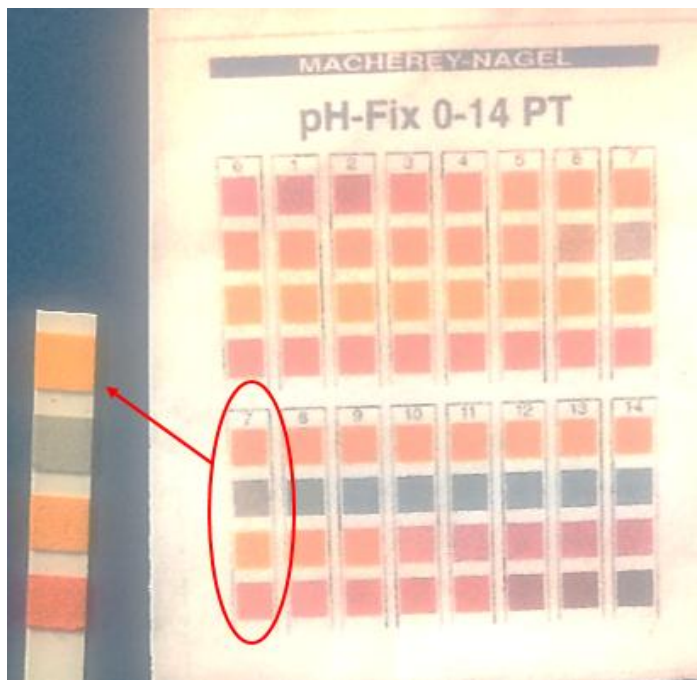


Figura 2.10 Resultados del pH en el biodiésel

En la Figura 2.10 se observa el resultado del pH del biodiésel en el cual se encuentra en la escala de un pH-7 por lo que es ideal para el uso o preparación de distintas mezclas BX.

2.7 PREPARACIÓN DE LA MEZCLA DIÉSEL PREMIUM/BIODIÉSEL

Al realizar la mezcla en diferentes porcentajes con el diésel común hay que tener cuidado ya que se está manipulando los dos combustibles inflamables, además se corre el riesgo de intoxicación por gases procedentes en su elaboración. Para la preparación de la mezcla de biodiésel con relación del porcentaje de volumen de 10 000 ml (10 litros), se utilizó como combustible base diésel Premium y un combustible alternativo que es biodiésel a partir de aceite de ricino.

Para llevar a cabo las pruebas con biocombustible se utiliza la composición B10, que se basa en la elaboración de una mezcla con el 90 % de combustible fósil, en este caso diésel Premium y el 10 % de biodiésel respectivamente donde se verificó que su mezcla fue variando y tomando un color más oscuro.

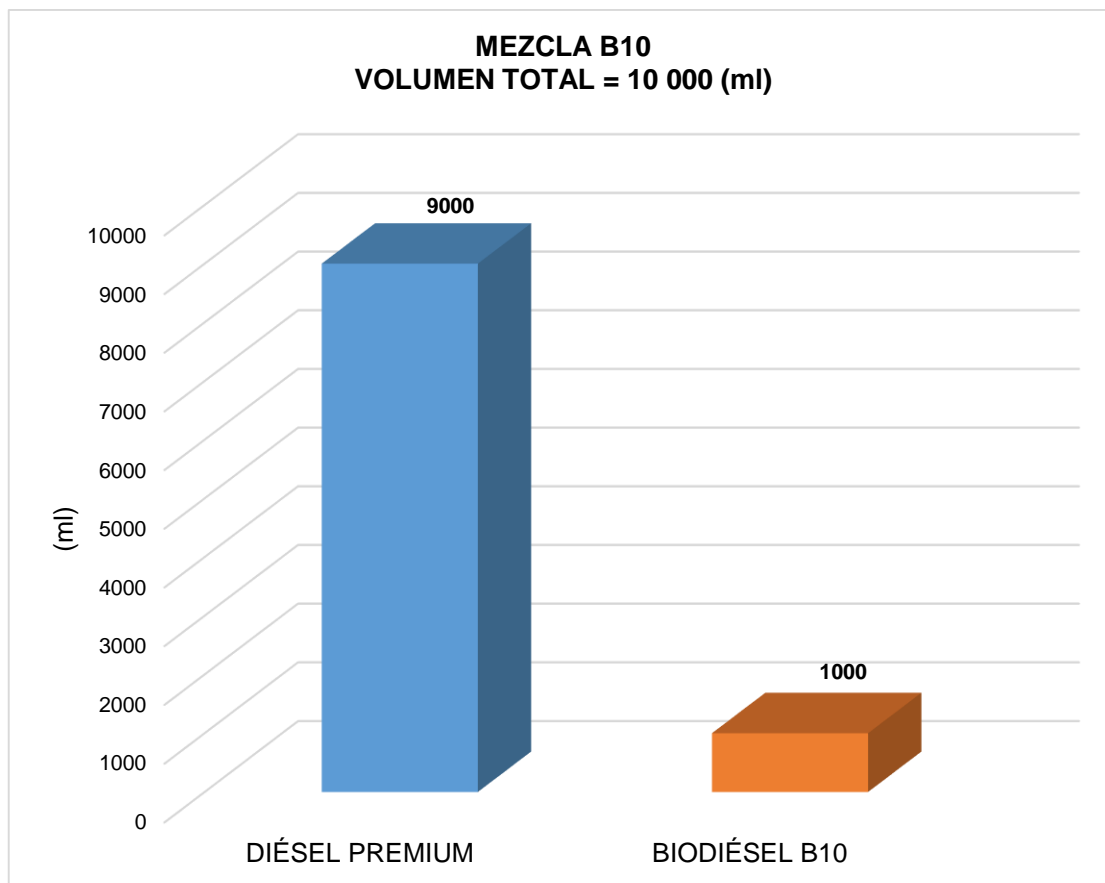


Figura 2.11 Porcentajes de la mezcla B10

En la Figura 2.11 muestra los porcentajes de dicha mezcla, donde el 90 % es combustible fósil y el 10 % de biocombustible.

Antes de efectuar las distintas pruebas se realiza la mezcla física con los volúmenes de diésel Premium y biodiésel ya establecidos, por lo cual utilizamos 10 000 mililitros de mezcla B10 para el proceso de la investigación.

2.7.1 PROCEDIMIENTO PARA LA MEZCLA B10

Antes de realizar la preparación del biocombustible se mide 9 000 ml de diésel Premium con ayuda de un recipiente graduado, y con un embudo se pone en un envase determinado para preparar la mezcla. Posteriormente, se cuantifica 1 000 ml de biocombustible con la ayuda del recipiente graduado y se coloca en el envase determinado que ya antes se colocó los 9 000 ml de diésel.



Figura 2.12 Colocación de los dos combustibles en el depósito

En la Figura 2.12 se observa la mezcla de estos combustibles en el recipiente en el cual se revuelve la composición del diésel y biocombustible dentro del envase determinado, consiguiendo una mezcla equilibrada para realizar las diferentes pruebas que requiere la investigación como; la obtención de las curvas de torque, potencia, consumo de combustible en carretera y ralentí.

2.8 NORMA DINAMÓMETRO ISO 1585

El Estándar Internacional especifica un método para probar motores diseñados para vehículos. Se aplica a la evaluación de su rendimiento con el objetivo, en particular de presentar las curvas de potencia y el consumo específico de combustible a plena carga en función de la velocidad del motor es aplicada solo a la evaluación de la potencia neta (ISO, 1992, pág. 25).

Esta norma es un método de prueba para verificar el rendimiento de un vehículo representando las curvas de potencia y torque en función de la velocidad del motor, donde se aplica en los motores de combustión interna alternativos a excepción de las motocicletas, ciclos motores y tractores agrícolas que eventualmente circulan por las carreteras (ISO et al., 1992, pág. 26).

2.9 EVALUACIÓN Y PREPARACIÓN DEL VEHÍCULO

Para conseguir los parámetros de funcionamiento del vehículo se debe tener en cuenta las normas de seguridad en lo que duren las pruebas donde:

- Primero se coloca las ruedas de tracción del vehículo sobre los rodillos del dinamómetro.
- Cuando el vehículo este inmóvil se debe poner los anclajes correctamente para que la camioneta se encuentre estática a altas velocidades al momento de estar en la prueba.
- Posteriormente se procede a realizar las pruebas de torque y potencia sobre el dinamómetro.
- A continuación, se obtuvo las cinco pruebas de dicho vehículo utilizando el combustible diésel y luego el biodiésel.



Figura 2.13 Camioneta Chevrolet Luv D-MAX

En la Figura 2.13 se muestra la camioneta que esta sobre los elementos rodantes del dinamómetro, ya que este consta cuatro rodillos donde van colocadas las ruedas motrices que giran mutuamente con un instante de inercia. En el automóvil de prueba las ruedas traseras son las que van sobre los rodillos. Este dinamómetro funciona con un sensor que recepta la rapidez de giro de los rodillos y envía de forma sistemática la información de la velocidad a la computadora.

Con los datos obtenidos se puede comprobar si el motor de un auto desempeña las especificaciones explícitas por el fabricante de la marca de vehículo, así como se puede examinar el rendimiento del motor con modificaciones electrónicas o mecánicas en el mismo.

2.9.1 PROCESO DE PRUEBAS

En el proceso de pruebas de esta investigación se realiza los siguientes pasos que son:

- a) Las pruebas dan comienzo ubicando las ruedas motrices del automóvil encima de los rodillos del dinamómetro y a la misma vez se comprueba que las llantas se encuentren centradas con la línea de marcha del equipo.



Figura 2.14 Ruedas sobre los rodillos

En la Figura 2.14 se observan las ruedas de tracción colocadas sobre los rodillos del dinamómetro inercial de la carrera de ingeniería en mantenimiento automotriz y listo para los siguientes pasos para realizar las pruebas de curvas.

- b) Posteriormente se sujetan los mecanismos de seguridad que van a permitir que el vehículo quede anclado mientras dure las pruebas, es por eso que el enganche del equipo se realizó debajo del vehículo correctamente en las ballestas traseras con un ajuste considerable.



Figura 2.15 Anclajes de seguridad

Los anclajes fueron puestos en las argollas que están empotradas en el piso del taller a una distancia de 2 metros del dinamómetro y en las ballestas del vehículo como se muestra en la Figura 2.15.

- c) Hay que colocar los ventiladores en frente del vehículo a una distancia de 50 centímetros para que nos permita tener una mejor refrigeración en el motor del vehículo y en sí, en una gran mayoría de sus partes o elementos evitando que se sometan a altas temperaturas mientras dura la prueba, ya que de este modo se mantendrá en condiciones normales.



Figura 2.16 Ventiladores para las pruebas en el dinamómetro

En la Figura 2.16 muestra los ventiladores que están refrigerando al motor en el momento de la prueba, para que así no provoque sobre calentamiento e induzca daños de las partes del motor a futuros.

2.10 PRUEBAS DE TORQUE Y POTENCIA

Antes de empezar con las pruebas en el dinamómetro se debe llenar algunas especificaciones técnicas del vehículo en el programa o Software Vamag de marca italiana que sirve para mediciones y simulaciones de curvas con relación al torque y la potencia del motor. A estas curvas se lo realiza con la Norma ISO 1585, donde proporciona mediciones en función de la velocidad del motor con diferentes combustibles diésel y biodiésel.

A continuación, se muestra el Software donde hay que ingresar algunos datos:

Se utilizó un Software en esta investigación experimental el cuál proporciona datos específicos de curvas en torque y potencia. Después de ingresar en el programa inmediatamente se aplasta cualquier tecla para dar inicio a la introducción de datos.

Figura 2.17 Introducción de datos en el Software Vamag

En la pantalla del Software se ingresa las especificaciones del vehículo para determinar los límites de funcionamiento según el año de fabricación como se observa en la Figura 2.17.

Luego de ingresar los datos se muestra un menú principal donde se da un click seleccionando la preparación del motor (F4), para empezar con las pruebas de torque y potencia. Posteriormente hay que elegir la escala deseada de la potencia, entonces se toma la opción de los 188 hp (F2) siendo el más cerca de los datos establecidos de la ficha técnica del vehículo donde su potencia es de 130 hp.

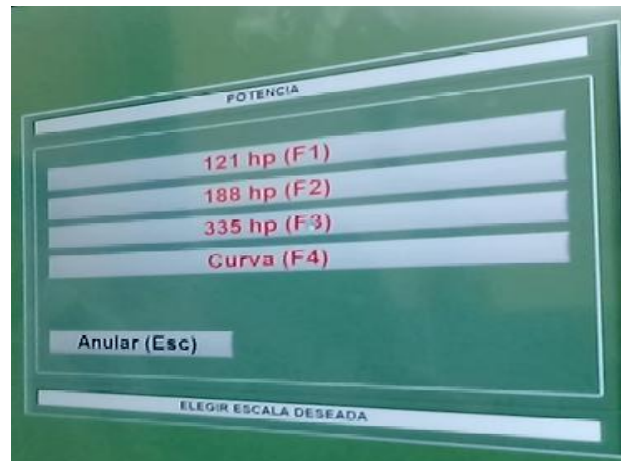


Figura 2.18 Selección de potencia para las pruebas

En la Figura 2.18 se muestra la pantalla donde hay que elegir la potencia del vehículo y consecutivamente hay que introducir un dato memorizado del parámetro para las pruebas y por tal motivo se realizan empezando con una velocidad de salida de 50 km/h.



Figura 2.19 Selección de la velocidad

En la Figura 2.19 muestra la velocidad de salida en la que empieza a graficar las curvas del vehículo, ya que en el lapso de 0 a 50 km/h existe un régimen de aumento paulatino de aceleración que parte del reposo a una velocidad considerable.

Mientras duren las pruebas en el dinamómetro se tendrá una visualización del software donde indica datos reales mediante un diagrama en función de la velocidad con escalas variables de potencia, torque y km/h.

Para realizar la prueba en el Software Vamag hay que realizar una simulación de prueba en el dinamómetro, después de dicho ensayo en el vehículo debemos colocar en cuarta marcha

para posteriormente acelerar a una velocidad de 40 y 45 km/h, por consiguiente, se va originando el aparecimiento de una línea roja vertical en la pantalla que nos indica el comienzo de la aceleración. Esta prueba propiamente dicha comienza a los 50 km/h y eventualmente cuando se sobrepasa esta velocidad hay que presionar el pedal del acelerador a fondo, en ese instante se inicia a graficar las curvas necesarias hasta llegar a una velocidad máxima alcanzada de 140 km/h culminado esta prueba se deja de acelerar y continuamente presionar el embrague para que el motor retorne paulatinamente al régimen de ralentí y así preparar las demás pruebas consecutivas.

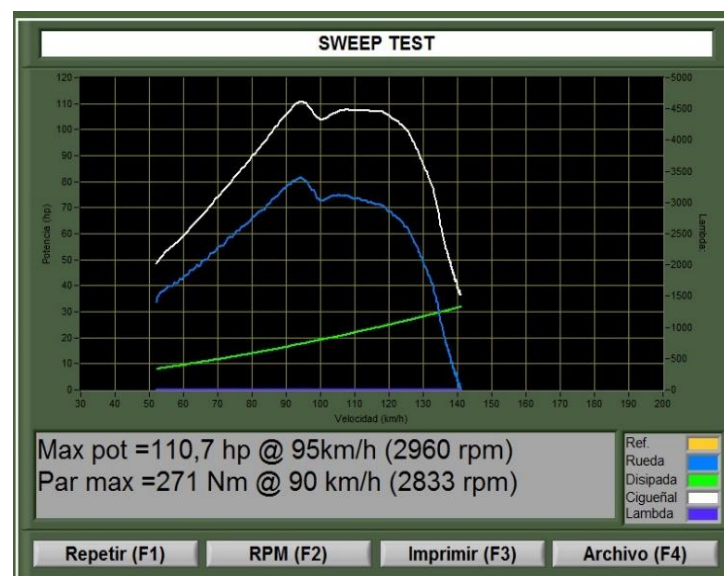
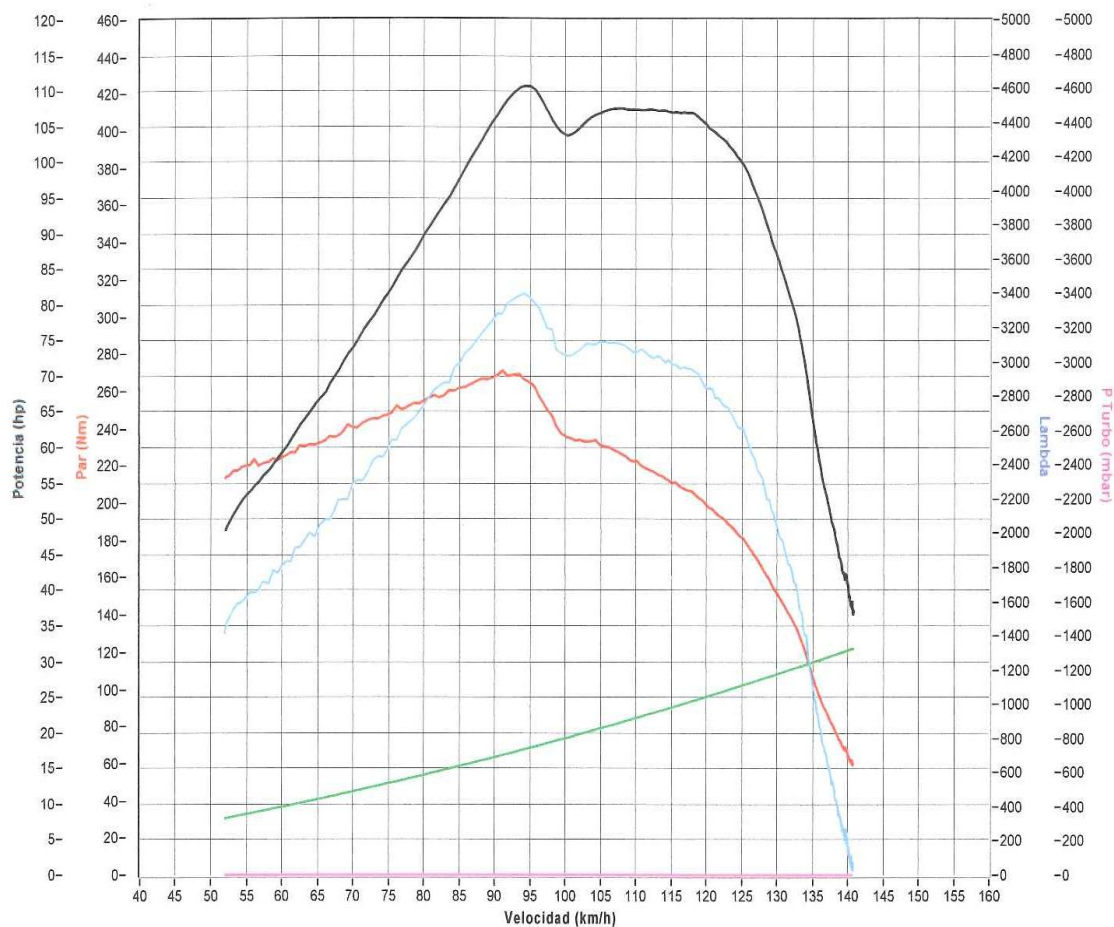


Figura 2.20 Escalas de las Curvas

En la Figura 2.20 se observa líneas de color diferente durante las pruebas, donde la línea blanca significa la potencia, la de color azul es el torque y la verde es la desaceleración de la potencia de los neumáticos.

2.10.1 GRÁFICAS DE TORQUE Y POTENCIA CON COMBUSTIBLE DIÉSEL

Se realiza varios ensayos obteniendo las gráficas de torque y potencia con combustible diésel a un determinado número de revoluciones del motor por lo que curva de color negro significa la potencia del motor, la curva de color roja especifica el torque o par motor y la curva de color verde es la potencia disipada de las ruedas motrices del vehículo.



Fecha prueba	06/06/18 - 10:09:29
Modelo vehículo	LUV DMAX 3,0
Matrícula	
Cliente	GUNZA
Operador	PAUL HERNANDEZ
Cilindrada	2999
Alimentación	Diesel
Tipo motor	Sobrealimentado
Cuentarrev	Automático
Tracción	Posterior
Temperatura (°C)	21
Presión (mbar)	883
Nombre archivo	180606_100929.dat
Note	

● Potencia al cigüeñal	● Potencia a la rueda	● Potencia disipada
● Par motor	● Lambda	● Presion turbo

Potencia max motor	110,7	hp
Potencia max a	2960	rpm
correspondientes a	95	km/h
corregido por	ISO 1585	
factor de corrección	1,000	
Potencia max a la rueda	81,5	hp
Par máximo	271,0	Nm
Par máximo a	90	km/h
correspondientes a	2833	rpm
Presión turbo max	0	mbar
Presión turbo max a	52	km/h
correspondientes a	1614	rpm
Lambda max	0	
Lambda max a	52	km/h
correspondientes a	1614	rpm
Velocidad punta	141	km/h
Número de RPM máximas	4410	rpm

Figura 2.21 Curva de torque y potencia con diésel

En la Figura 2.21 se aprecian las curvas y datos obtenidos utilizando diésel Premium como combustible.

2.10.2 ELABORACIÓN Y ADAPTACIÓN DEL DEPÓSITO DE COMBUSTIBLE EXTERNO

Para comparar el funcionamiento del motor con los dos combustibles se realiza un baipás que es una desviación por medio de un conducto alternativo uniendo dos puntos como una conexión entre ambas partes, donde desarrolla las pruebas con el biocombustible B10, mediante la utilización de mangueras se adapta en la bomba rotativa un baipás externo de alimentación de combustible con lo cual se reemplaza momentáneamente al sistema del propio automóvil.



Figura 2.22 Depósito de combustible externo (Baipás)

En la Figura 2.22 muestra la fabricación de un baipás graduado con las mangueras de retorno y alimentación suprimiendo así el sistema propio del vehículo, esta será una herramienta que nos facilitará la medición del volumen del combustible.

Para las siguientes pruebas en el vehículo se procede a instalar el baipás y a continuación se detallan los diferentes pasos:

- a) El vehículo de prueba se lo utiliza diariamente y tiene un cierto recorrido por lo que hay que cambiar el filtro de combustible para obtener resultados más reales ya que si no se cambia el elemento filtrante es seguro que contamine el depósito de prueba. Por lo que se utiliza una herramienta adecuada llamada cadena de filtro para la sustitución de este

componente y posteriormente el ajuste del filtro nuevo se lo hace con la mano y no con la cadena debido que el apriete es excesivo.



Figura 2.23 Cambio de Filtro de combustible

En la Figura 2.23 indica la colocación del filtro nuevo de combustible en el bombín, ya que el anterior elemento filtrante tiene un cierto kilometraje de uso y podría estar tapado por las impurezas del propio combustible.

- b) Después se obstruye el paso de combustible y se instala el depósito de combustible externo (baipás), se conecta una cañería externa a la entrada de combustible del bombín y otra cañería de menor dimensión donde se acopla al retorno de la bomba rotativa con una previa suspensión del sistema de alimentación original.

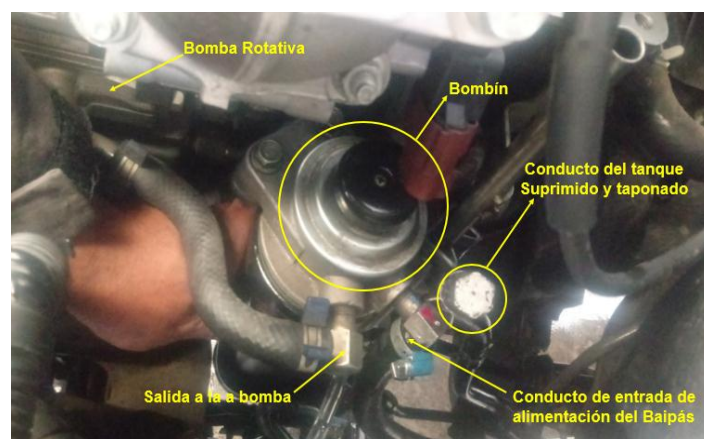


Figura 2.24 Sustitución de las mangueras de alimentación

En la Figura 2.24 se indica los conductos de alimentación y retorno suprimidos del vehículo hacia la bomba.

- c) Luego de haber suspendido el sistema de alimentación del mismo vehículo y acoplado las mangueras respectivamente con el baipás, hay que purgar el sistema para evitar la presencia de aire que pudiera afectar en la realización de las pruebas y obtención de datos.



Figura 2.25 Bombín de purga

En la Figura 2.25 se observa el cabezal del bombín donde hay que purgar el aire en el sistema cada vez que se cambie el filtro o se adapte el baipás.

2.10.3 COMPARACIÓN DE LOS DOS COMBUSTIBLES EN EL MOTOR

Para comparar los dos tipos de combustibles en el vehículo suprimiendo su depósito de alimentación, se adapta un baipás graduado que sirve para cuantificar el combustible consumido por el motor al realizar tres tipos de pruebas, las cuáles son:

- Sobre el dinamómetro inercial en el cual se obtendrá las curvas de torque y potencia exigiendo al máximo el rendimiento del motor.
- Consumo de combustible en ralentí, verificando cuál de los dos combustible se consume menos a bajas rpm, sea el combustible diésel y biodiésel B10.
- Consumo de combustible en carretera a una distancia de 35,7 km de ruta desde Los Olivos hasta los Cañaverales.

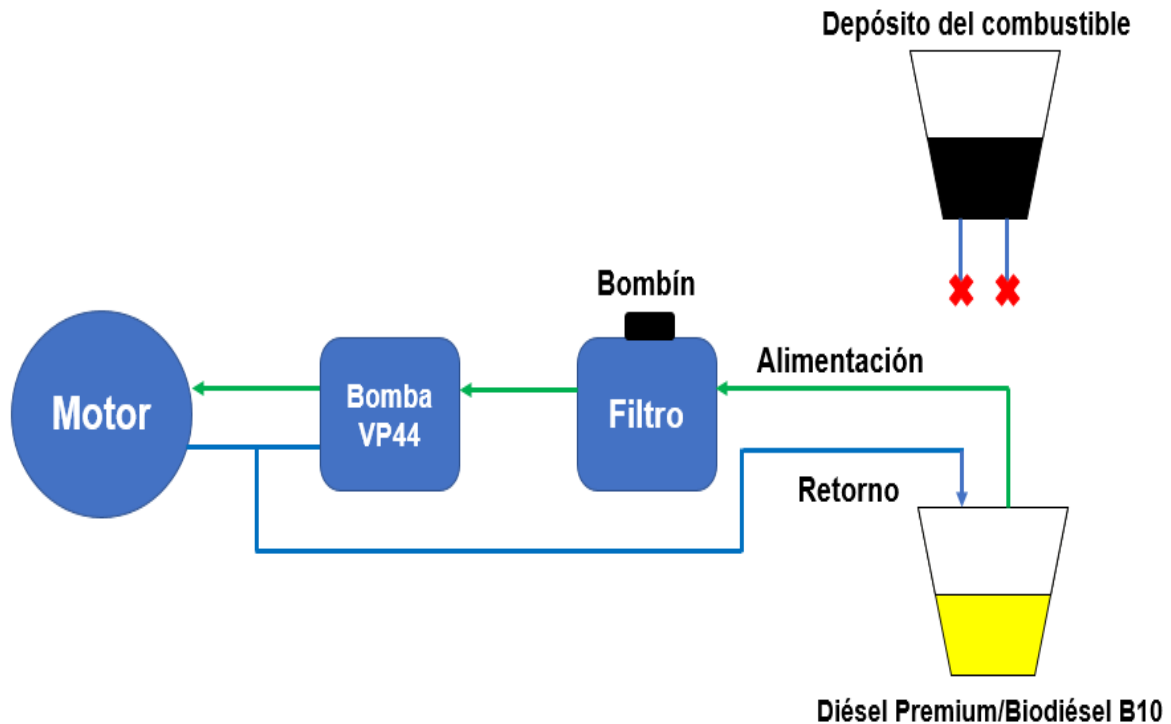


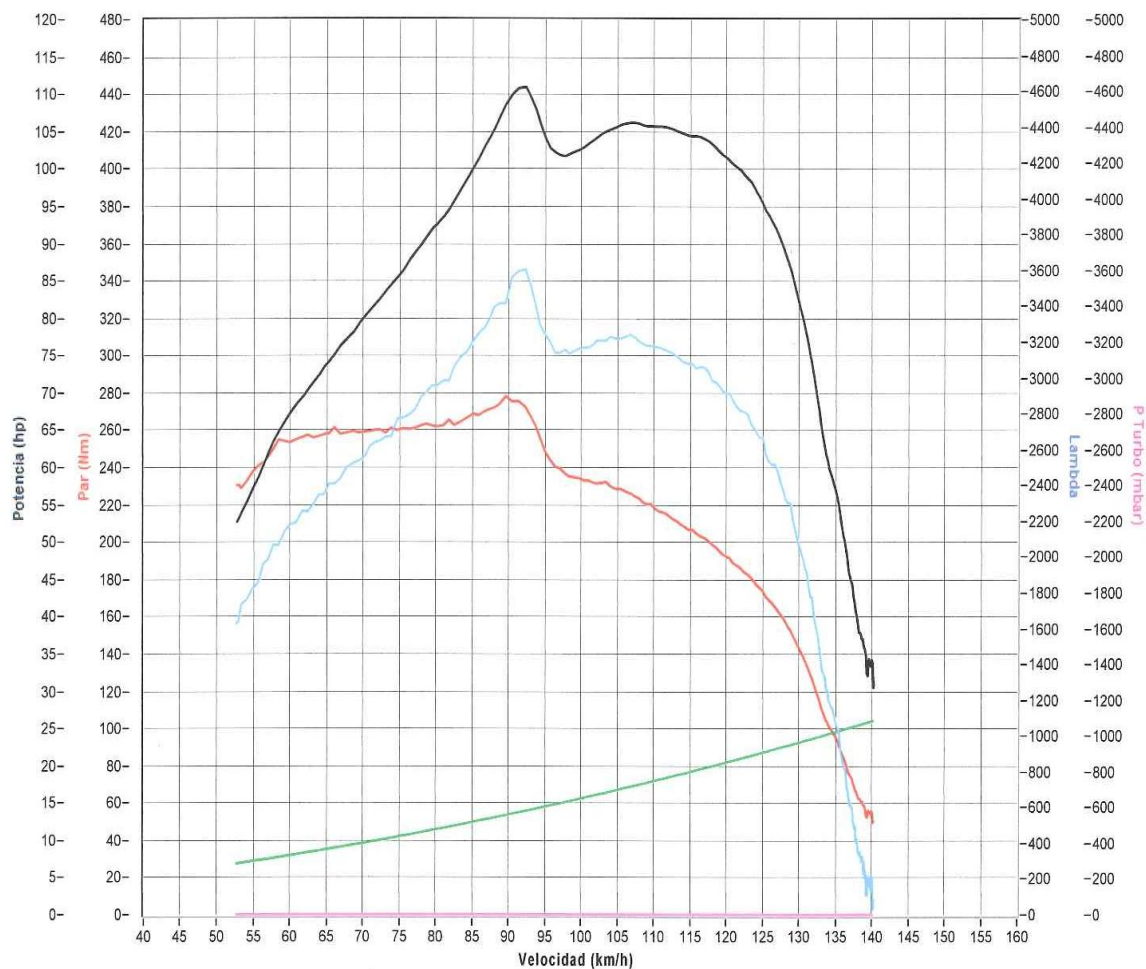
Figura 2.26 Diagrama de adaptación del depósito de combustible externo

En la Figura 2.26 se muestra un diagrama de conexión del sistema suplementario de alimentación del combustible.

Para empezar cada una de las pruebas en el vehículo hay que tener en cuenta que en el depósito de combustible externo (baipás) se pone 20 litros de los dos combustibles con diésel Premium y biodiésel B10, al momento de los ensayos y al cumplir estas pruebas se retira el combustible sobrante para hacer las mediciones del consumo con los instrumentos indicados en la Figura 2.6.

2.10.4 GRÁFICAS DE TORQUE Y POTENCIA CON BIODIÉSEL

En el dinamómetro vamos a obtener valores repetibles que reflejan con exactitud el rendimiento del motor durante cada prueba, ya que en la gráfica de torque y potencia se define que la curva de color negro significa la potencia del motor con biodiésel B10, la curva de color roja especifica el torque o par motor y la curva de color verde es la potencia disipada de las ruedas motrices del vehículo.



Fecha prueba	06/06/18 - 15:22:02
Modelo vehículo	LUV DMAX 3,0
Matrícula	
Cliente	GUNZA
Operador	PAUL HERNANDEZ
Cilindrada	2999
Alimentación	Diesel
Tipo motor	Sobrealimentado
Cuentarrev	Automático
Tracción	Posterior
Temperatura (°C)	24
Presión (mbar)	883
Nombre archivo	180606_152202.dat
Note	

● Potencia al cigüeñal	● Potencia a la rueda	● Potencia disipada
● Par motor	● Lambda	● Presión turbo

Potencia max motor	111,0	hp
Potencia max a correspondientes a	2900	rpm
corregido por	93	km/h
factor de corrección	ISO 1585	
Potencia max a la rueda	1,000	
Par máximo	86,5	hp
Par máximo a correspondientes a	278,0	Nm
Presión turbo max	89	km/h
Presión turbo max a correspondientes a	2783	rpm
Lambda max	0	mbar
Lambda max a correspondientes a	52	km/h
Velocidad punta	1626	rpm
Número de RPM máximas	4394	rpm

Figura 2.27 Curva de torque y potencia con biodiésel

En la Figura 2.27 se muestran las curvas y datos obtenidos utilizando el biodiésel B10.

2.11 CONSUMO DE COMBUSTIBLE

Para determinar el consumo de combustible se utilizó el método de velocidad (V) vs tiempo (t), que se basa en precisar el volumen de carburante consumido en un delimitado tiempo; este método trabaja con recipientes graduados con diferente capacidad para proporcionar la lectura de los resultados. “El consumo de combustible precisa en mililitros cúbicos por minuto (ml), tomando en cuenta que en este tipo de motor la relación estequiométrica ideal es de 14.5 gr de aire para quemar 1 gr de combustible” (Quintero & Moreno, 2014, pág. 21), estos motores no consiguen trabajar en esta relación entre el aire y el combustible ya sea por el mal estado de sus partes o por las condiciones atmosféricas.

2.11.1 PROCEDIMIENTO PARA LA INSTALACIÓN DEL MGT-300

A continuación, se detalla los pasos para la instalación del tacómetro y medidor de temperatura en el vehículo:

- Se coloca las pinzas de alimentación en el positivo y negativo de la batería.
- El sensor de las revoluciones (rpm) tiene un imán que se coloca sobre la tapa válvulas del motor.
- La sonda de temperatura se coloca en el conducto de la bayoneta del aceite del motor.
- Después de haber instalado este tacómetro y medidor de temperatura se procede a encender el vehículo para sacar datos puntuales.



Figura 2.28 Ubicación del tacómetro y medidor de temperatura

En la Figura 2.28 se observa dónde debe colocarse los sensores de temperatura y rpm.

2.11.2 CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN RALENTÍ DIÉSEL Y BIODIÉSEL B10

Para ejecutar las pruebas de consumo de combustible se desarrolló tres diferentes ensayos, por lo cual se instaló en el vehículo del sistema de alimentación de combustible de externo ya explicado anteriormente, reemplazando el sistema propio de la camioneta con conductos establecidos de alimentación y retorno.



Figura 2.29 Pruebas en Ralentí

En la Figura 2.29 muestra la prueba realizada en ralentí con tres repeticiones de cada uno de los dos combustibles con un intervalo de 25 minutos en las mismas condiciones de funcionamiento del motor.

2.11.2 PRUEBAS DE TEMPERATURA Y RPM DEL MOTOR EN RALENTÍ

Se realizaron tres tipos de pruebas en ralentí instalado el equipo con un intervalo de 25 minutos, esta prueba inicia con una temperatura normal de funcionamiento de 91 °C y un régimen de 700 rpm, por lo cual sus datos tienden a variar mientras sigan avanzando los ensayos.



Figura 2.30 Datos de temperatura y rpm

En la Figura 2.30 se observan los datos cuantificados de temperatura y rpm del motor al momento de realizar los ensayos en ralentí.

2.11.3 BAIPÁS ADAPTADO EN EL VEHÍCULO PARA LA PRUEBA EN RUTA

Mediante la adaptación del baipás se procede a realizar la prueba de consumo en ruta por lo que se suprimió el conducto de alimentación y de retorno del vehículo para posteriormente adaptar mangueras con los mismos diámetros a un sistema de alimentación y retorno.



Figura 2.31 Vehículo con el sistema de alimentación y retorno adaptado

En la Figura 2.31 se observa el baipás dentro del habitáculo y las mangueras de alimentación y retorno para empezar las pruebas en la ruta establecida.

2.11.4 DISPOSITIVO DE MEDICIÓN (GPS) PARA LA OBTENCIÓN DEL TIEMPO Y LA VELOCIDAD

“Este dispositivo es un sistema de posicionamiento global, herramienta necesaria para trabajar en toma de datos que permite guardar información en tiempo real del movimiento de cualquier transporte en la tierra” (Arciniegas , 2018, pág. 65). El GPS nos facilita medir la distancia, la velocidad y el tiempo según vaya avanzando el vehículo en la ruta o recorrido de prueba.



Figura 2.32 Aplicación GPS Speed para Android

En la Figura 2.32 indica la aplicación GPS Speed que se usó en los ensayos de rutas adquiriendo los datos en tiempo de inicio, velocidad promedio y la máxima que se alcanzó.

2.11.5 CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN CARRETERA

La prueba de consumo de combustible en carretera se realizó con un recorrido determinado dentro de la provincia de Imbabura, donde tiene un punto A que es el sector El Olivo qué

representa el inicio del recorrido y un punto B que está ubicado al final del recorrido en el sector Los Cañaverales vía al Carchi.



Figura 2.33 Ruta de prueba

En la Figura 2.33 se muestra la ruta establecida por un punto A al punto B en la calzada de 35,7 km, esta distancia se determinó por medio de una aplicación el celular llamado (GPS Speed). Los ensayos se los llevó a cabo con una velocidad que no supera los 90 km/h. Las pruebas con diésel y biodiésel B10 se efectuaron el mismo día con similares condiciones de temperatura y ambiente para que los ensayos sean homogéneos y que permitan conseguir resultados más precisos y reales.

Se establece un volumen de combustible con relación al depósito graduado, el cuál conforme transcurre la realización de la prueba el volumen del carburante se disminuye en un tiempo y distancia determinada, por lo cual una vez terminado el recorrido se procede a medir el diésel sobrante del baipás con un recipiente graduado.

El modo en el que se maneja al automóvil influye principalmente en la utilización de combustible, es por esa razón que se debe considerar los siguientes aspectos para realizar la investigación de consumo de combustible:

- a) No se debe apresurar la aceleración del vehículo al instante, dar marcha o al momento de detenerse totalmente por cualquier motivo sea por la calzada o por una señal de tránsito.
- b) No hay que sobrepasar los 90 km/h señalados para la prueba, aun si se tiene una vía despejada y sin tráfico ya que la conducción del auto debe ser realizada a una velocidad constante durante toda la ruta para que la obtención de datos sea más equivalente.
- c) Hay que realizar los cambios de velocidades de manera adecuada ya que al comenzar el recorrido de la prueba hasta alcanzar la velocidad permitida y por las irregularidades de la calzada se realiza paradas parciales o totales que pudieran influir en el consumo de combustible del vehículo.

Al efectuar las pruebas de consumo con diésel y la mezcla biodiésel B10 en un régimen de recorrido establecido, hay que tomar en cuenta la presión atmosférica y la temperatura ambiente que sean idénticos para conseguir datos más puntuales. Las cantidades de consumo conseguidas en el vehículo de prueba y así también saber la extensión del recorrido en la carretera, ya que el tiempo que dura es la misma que genera un consumo de diésel en kilómetros/litros y en litros/minutos. Estos datos conceden ejecutar una correlación de rendimiento de combustible al usar diésel y biodiésel B10.

CAPÍTULO III

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS DOS TIPOS DE COMBUSTIBLES

Con las pruebas realizadas en el dinamómetro inercial se obtuvo las curvas resultantes de torque y potencia con diésel Premium y biodiésel B10, consecutivamente se analizará el funcionamiento y rendimiento del motor con los distintos combustibles.

3.1.1 ANÁLISIS DE LAS CURVAS, POTENCIA Y TORQUE CON DIÉSEL

Se realizó un análisis de las curvas de potencia y torque en base a la velocidad de las cinco pruebas que se mencionan a continuación:

a) Prueba 1: En la siguiente gráfica se muestra la primera prueba realizada en el vehículo.

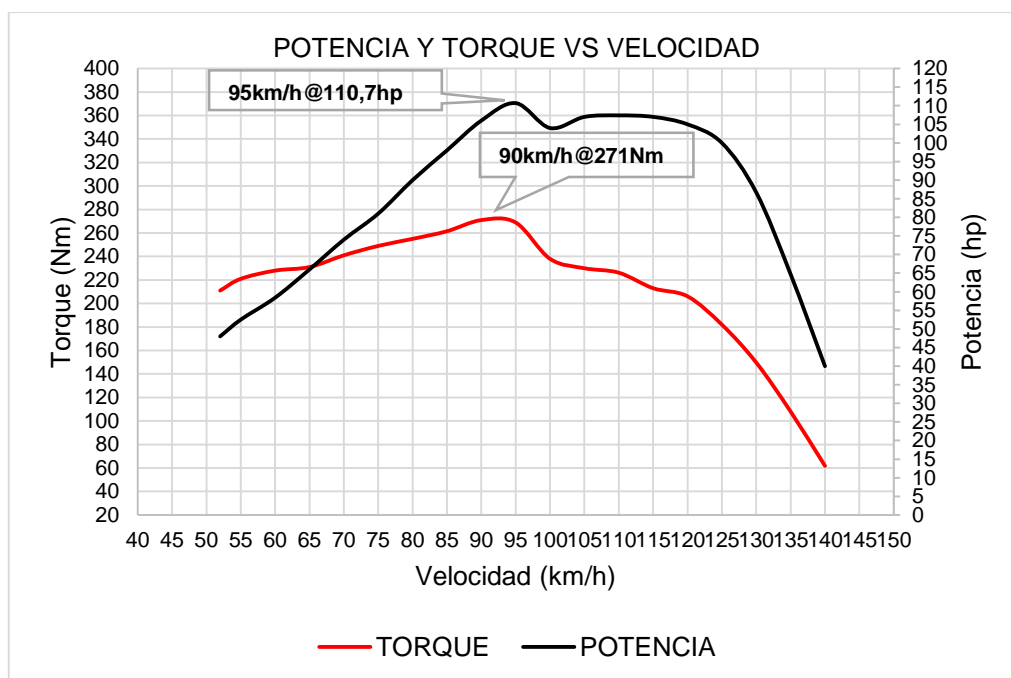


Figura 3.1 Prueba 1 de potencia y torque con diésel

En la Figura 3.1 indica las curvas de torque y potencia de este ensayo con diésel Premium evidenciando los valores emitidos por la primera prueba la cual alcanzó una velocidad

superior de 141 km/h y un régimen de 4 410 rpm en el motor. Los datos de la potencia que están expresados en caballos de fuerza (hp); y el torque en Newton por metro (Nm) observando una potencia máxima de 110,7 hp @ 2 960 rpm a una velocidad de 95 km/h y un torque máximo de 271 Nm a 2 833 rpm con una velocidad de 90 km/h.

Para entender los valores de potencia y torque en el ensayo se elaboró la Tabla 3.1.

Tabla 3.1 Prueba 1 con combustible diésel

Velocidad	Potencia	Velocidad	Torque
95 km/h	110,7 hp	90 km/h	271 Nm

b) Prueba 2: En la gráfica evidencia la segunda prueba realizada en el vehículo

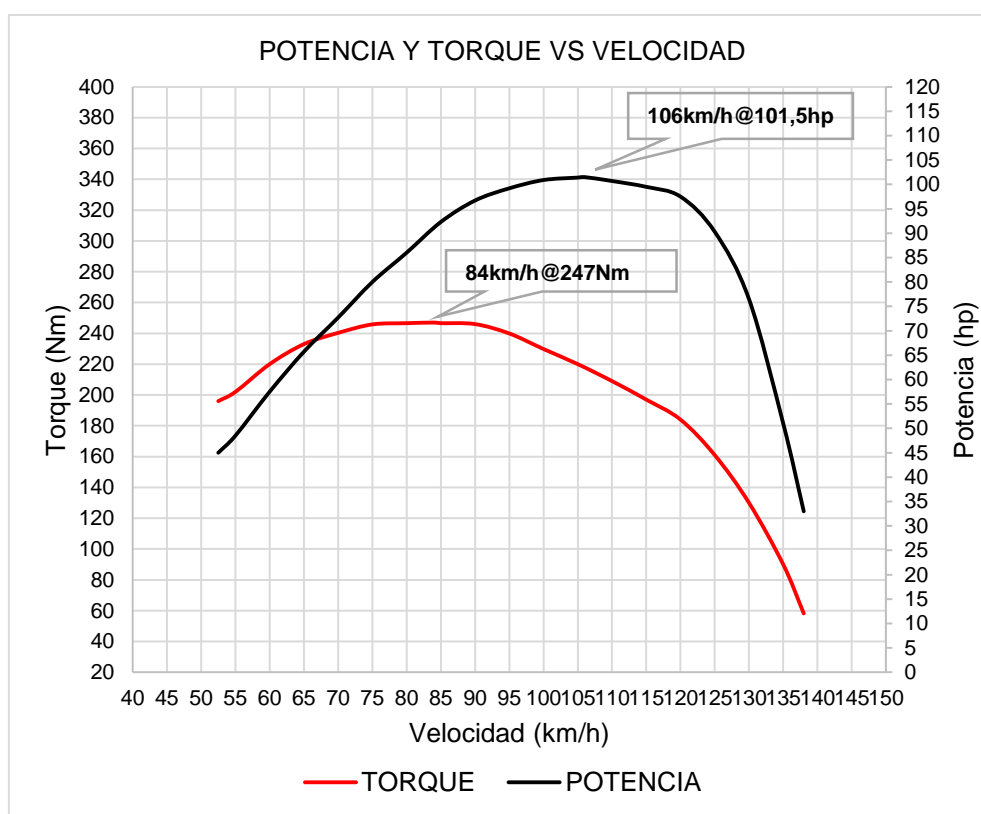


Figura 3.2 Prueba 2 de potencia y torque con diésel

En la Figura 3.2 muestra las curvas de torque y potencia de este ensayo con diésel Premium que evidenciaron los valores emitidos por la segunda prueba la cual alcanzó una velocidad superior de 139 km/h y un régimen de 4 352 rpm en el motor. Los valores de la potencia

máxima son de 101,5 hp a 3 329 rpm a una velocidad de 106 km/h y un torque máximo de 247 Nm a 2 628 rpm con una velocidad de 84 km/h.

En la Tabla 3.2 indica los valores de potencia y torque con una velocidad máxima.

Tabla 3.2 Prueba 2 con combustible diésel

Velocidad	Potencia	Velocidad	Torque
106 km/h	101,5 hp	84 km/h	247 Nm

c) Prueba 3: En la consecutiva gráfica muestra la tercera prueba realizada en el vehículo.

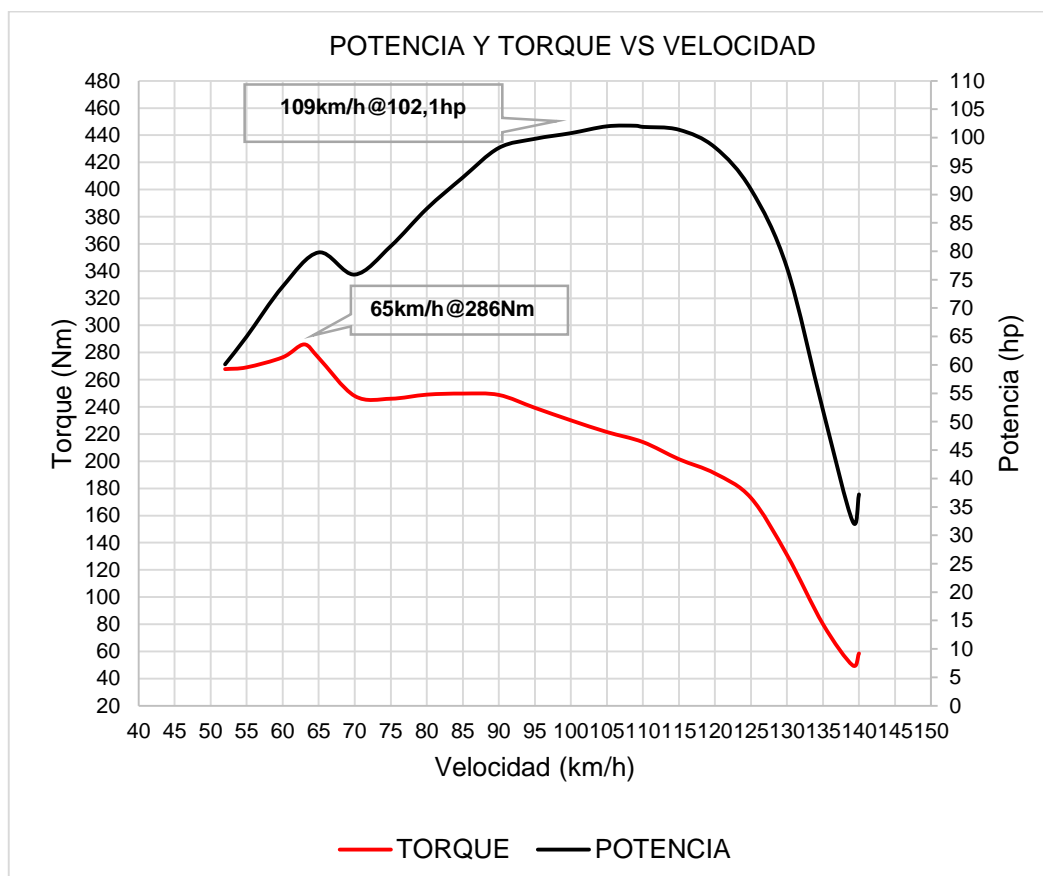


Figura 3.3 Prueba 3 de potencia y torque con diésel

En la Figura 3.3 muestra la tercera prueba de las curvas de torque y potencia donde evidencia los valores que alcanzó a una velocidad de 140 km/h y un régimen superior de 4 391 rpm en el motor. En el cual se observa los datos de la potencia máxima que son de 102,1 hp a 3 413

rpm a una velocidad de 109 km/h y un torque máximo de 286 Nm a 1 968 rpm con una velocidad de 65 km/h.

Los valores de potencia y torque a una velocidad máxima se representan en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3 Prueba 3 con combustible diésel

Velocidad	Potencia	Velocidad	Torque
109 km/h	102,1 hp	65 km/h	286 Nm

d) Prueba 4: En la siguiente gráfica evidencia la cuarta prueba realizada en el vehículo.

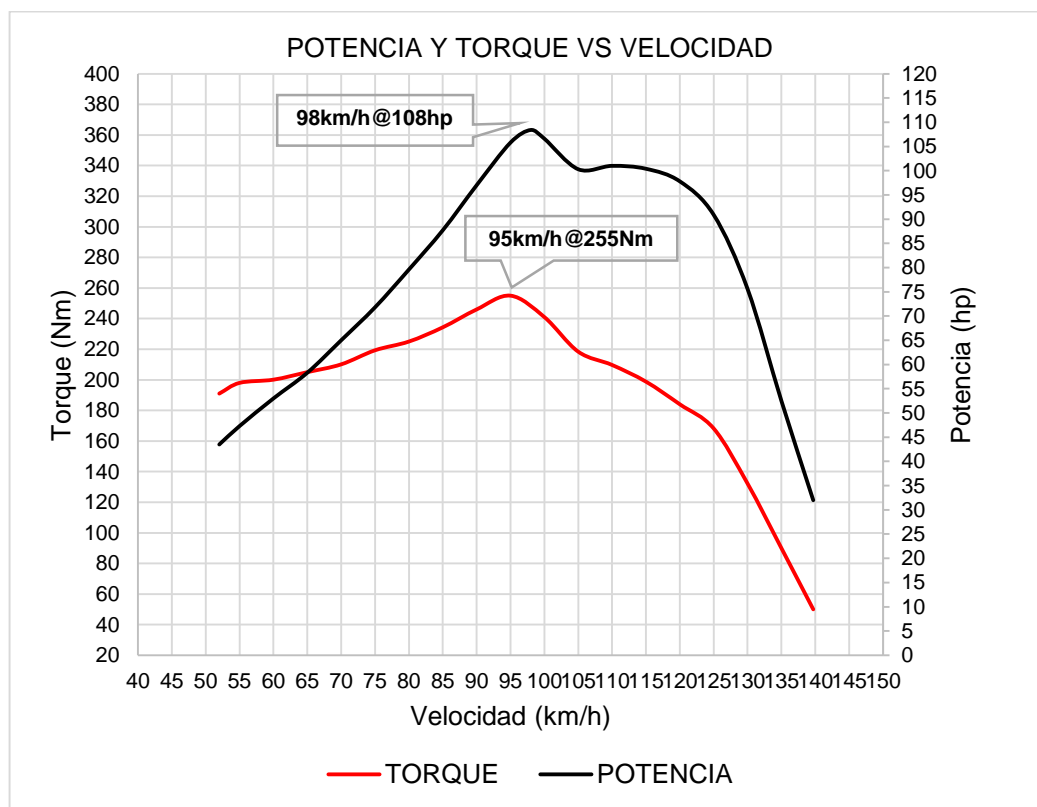


Figura 3.4 Prueba 4 de potencia y torque con diésel

En la Figura 3.4 indica las curvas de torque y potencia de la cuarta prueba de los valores obtenidos por el diésel donde alcanzó una velocidad de 140 km/h y un régimen superior de 4 374 rpm del motor. Estos valores generados por la potencia máxima son de 108,4 hp a 3 075 rpm con una velocidad de 98 km/h y un torque máximo de 255 Nm a 2 976 rpm con una velocidad de 95 km/h.

En la Tabla 3.4 muestra los valores de potencia y torque con una velocidad máxima.

Tabla 3.4 Prueba 4 con combustible diésel

Velocidad	Potencia	Velocidad	Torque
98 km/h	108 hp	95 km/h	255 Nm

e) Prueba 5: En la consecutiva gráfica indica la quinta prueba realizada en el vehículo.

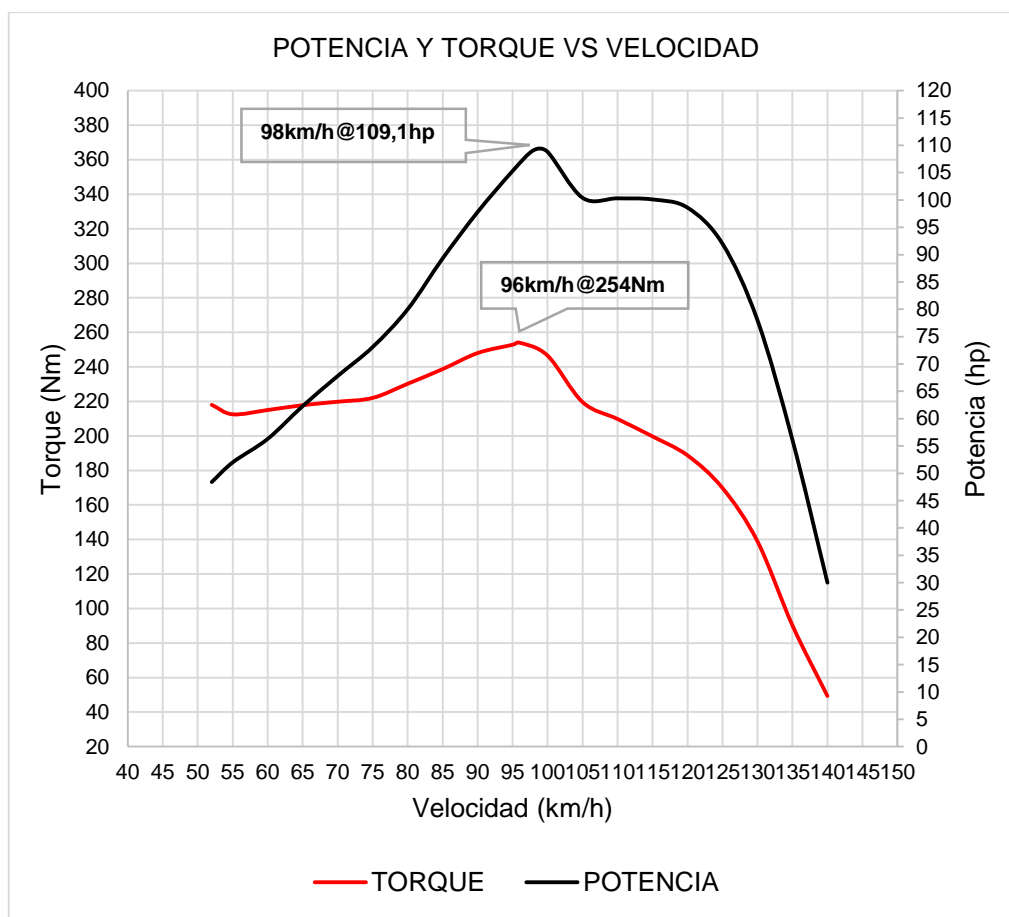


Figura 3.5 Prueba 5 de potencia y torque con diésel

En la Figura 3.5 evidencia los valores producidos por la quinta prueba donde alcanzó una velocidad superior de 140 km/h y un régimen de 4 389 rpm del motor teniendo una potencia máxima de 109,1 hp a 3 078 rpm con una velocidad de 98 km/h y un torque máximo de 254 Nm a 3 011 rpm con una velocidad de 96 km/h.

Para entender los valores de potencia y torque en el ensayo se realizó la Tabla 3.5.

Tabla 3.5 Prueba 5 con combustible diésel

Velocidad	Potencia	Velocidad	Torque
98 km/h	108 hp	95 km/h	255 Nm

Para una mejor visualización de los datos obtenidos en las pruebas ejecutadas se elabora una tabla la cual representa la potencia y el torque de cada una de las pruebas con diésel mostradas en la Tabla 3.6.

Tabla 3.6 Resultados de Potencia y Torque con diésel Premium

	Velocidad	Potencia	Velocidad	Torque
Prueba 1	95 km/h	110,7 hp	90 km/h	271 Nm
Prueba 2	106 km/h	101,5 hp	84 km/h	247 Nm
Prueba 3	109 km/h	102,1 hp	65 km/h	286 Nm
Prueba 4	98 km/h	108 hp	95 km/h	255 Nm
Prueba 5	98 km/h	109,1 hp	96 km/h	254 Nm

Con el desarrollo de las cinco pruebas con el combustible diésel se aprecia una variación notoria entre los resultados en el cual se observa que el dato más alto de la potencia fue generado en el primer ensayo obteniendo 110,7 hp, esta prueba finaliza cuando se sobrepasa el régimen de giro en la bomba rotativa por lo que deja suministrar combustible hacia los inyectores. Por otro lado, el torque máximo de 286 Nm que fue generado en la tercera prueba debido a que el motor está transfiriendo una fuerza con dirección hacia el tren motriz para que permanezca con un movimiento incesante luego de finalizar los ensayos el par motor disminuye gradualmente.

3.1.2 ANÁLISIS DE LAS CURVAS, POTENCIA Y TORQUE CON BIODIÉSEL B10

Se hizo un análisis acerca de la potencia y el torque con el biodiésel B10, por lo que se mencionan las cinco pruebas que se realizaron en el dinamómetro:

a) Prueba 1: En la consecutiva gráfica indica la quinta prueba realizada en el vehículo.

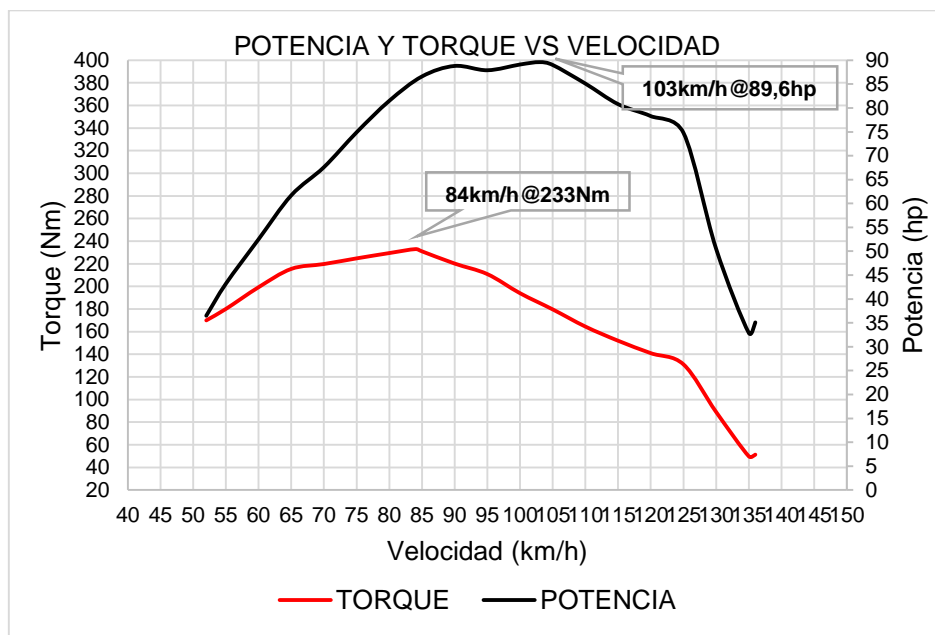


Figura 3.6 Prueba 1 de potencia y torque con biodiésel B10

En la Figura 3.6 evidencia una gráfica de los valores obtenidos en la primera prueba con biodiésel B10 donde alcanzó una velocidad de 136 km/h y un régimen superior de 4 262 rpm en el motor, donde los datos de la potencia son expresados en caballos de fuerza (hp); y el torque indicados en Newton por metro (Nm) con una potencia máxima de 89,6 hp @ 3 236 rpm a una velocidad de 103 km/h y un torque máximo de 233 Nm a 2 638 rpm con una velocidad de 84 km/h.

Para entender los valores de potencia y torque en el ensayo se realizó la Tabla 3.7.

Tabla 3.7 Prueba 1 con biodiésel B10

Velocidad	Potencia	Velocidad	Torque
103 km/h	89,6 hp	84 km/h	233 Nm

- b) Prueba 2: En la siguiente gráfica muestra la segunda prueba realizada en el vehículo obteniendo diferentes curvas.

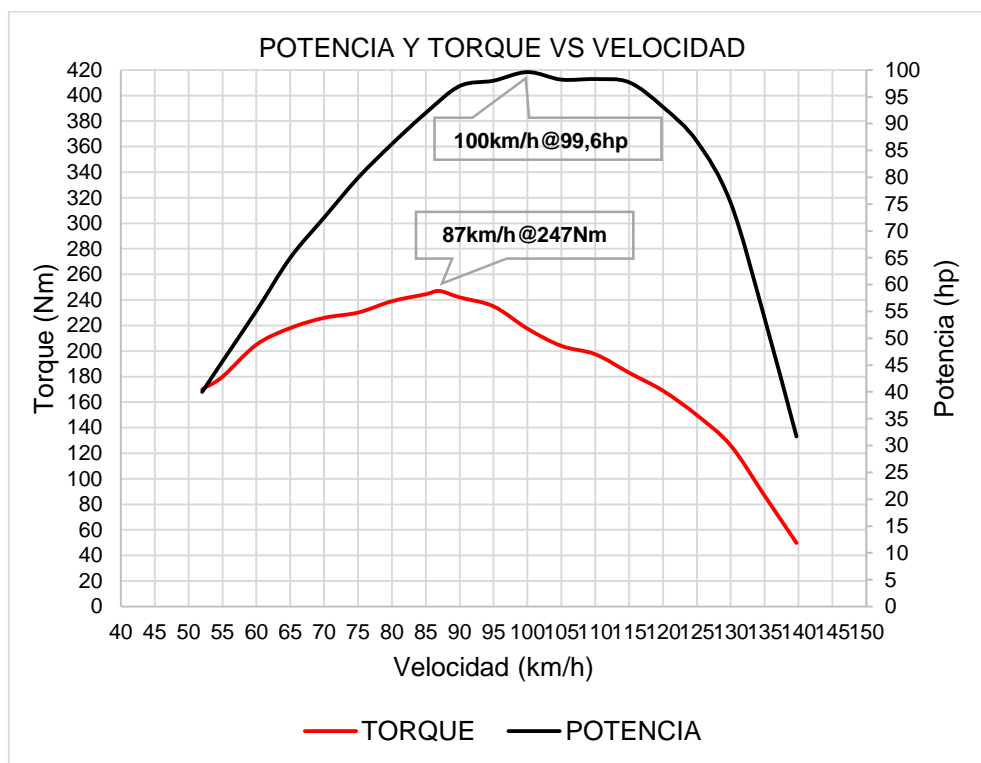


Figura 3.7 Prueba 2 de potencia y torque con biodiésel B10

En la Figura 3.7 de la segunda prueba con biodiésel B10 muestra las curvas de torque y potencia, donde alcanzó una velocidad superior de 140 km/h y un régimen de 4 377 rpm exigiendo el rendimiento del motor. Los valores emitidos de la potencia son de 99,6 hp a 3 144 rpm a una velocidad de 100 km/h y un torque de 247 Nm a 2 736 rpm con una velocidad de 87 km/h.

En la Tabla 3.8 indica los valores de potencia y torque con una velocidad máxima.

Tabla 3.8 Prueba 2 con biodiésel B10

Velocidad	Potencia	Velocidad	Torque
100 km/h	99,6 hp	87 km/h	247 Nm

- c) Prueba 3: En la siguiente gráfica evidencia curvas de la tercera prueba realizada en el vehículo.

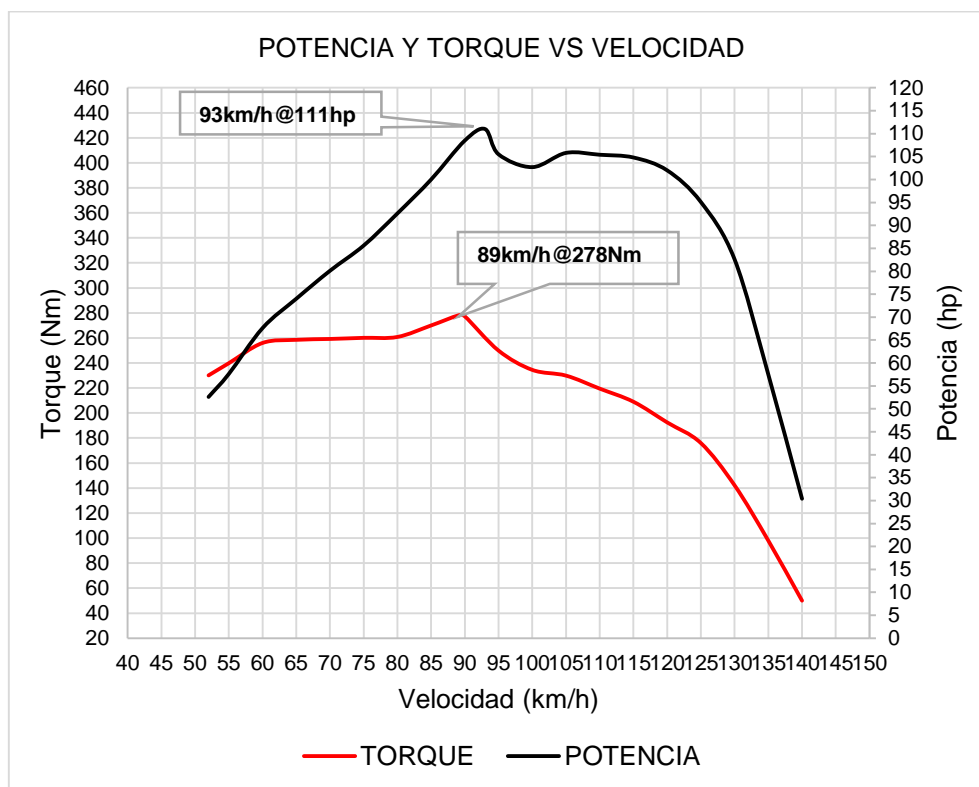


Figura 3.8 Prueba 3 de potencia y torque con biodiésel B10

En la Figura 3.8 indica el torque y potencia de la tercera prueba con biodiésel B10 alcanzando una velocidad de 140 km/h y un régimen superior de 4 394 rpm, obteniendo los datos a una potencia máxima de 111 hp a 2 900 rpm con una velocidad de 93 km/h, y un torque máximo de 278 Nm a 2 783 rpm con una velocidad de 89 km/h.

En la Tabla 3.9 representa los valores de potencia y torque con velocidades máximas alcanzadas.

Tabla 3.9 Prueba 3 con biodiésel B10

Velocidad	Potencia	Velocidad	Torque
93 km/h	111 hp	89 km/h	278 Nm

- d) Prueba 4: En la siguiente gráfica indica la cuarta prueba realizada en el vehículo obteniendo diferentes curvas.

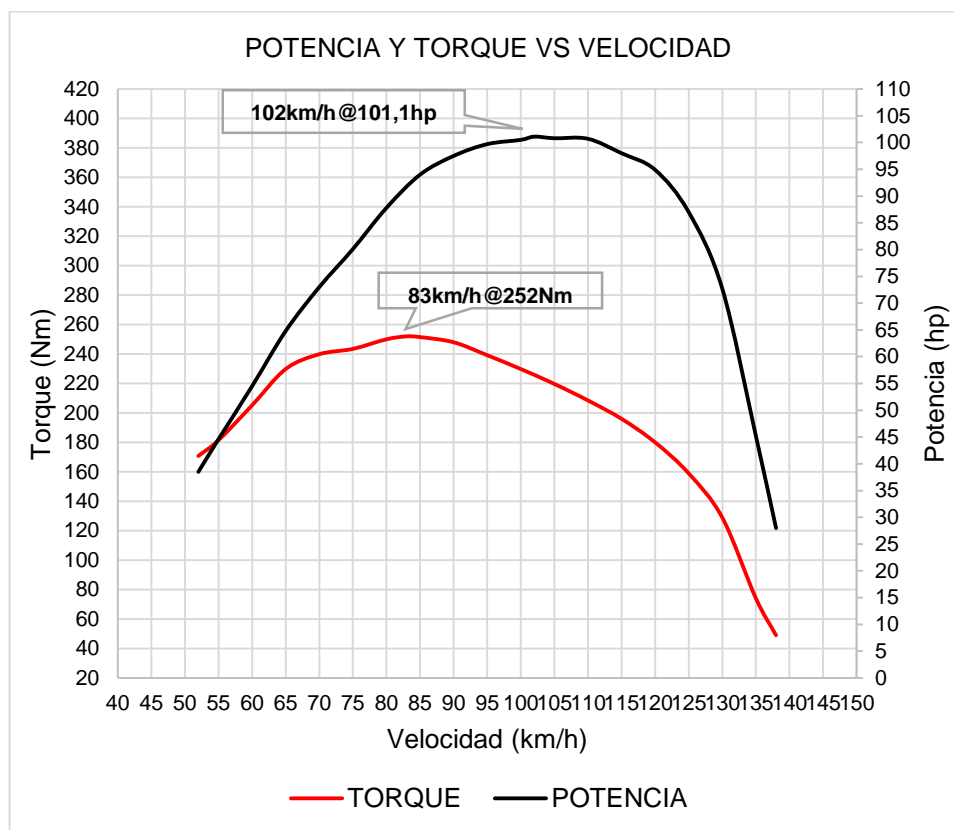


Figura 3. 9 Prueba 4 de potencia y torque con biodiésel B10

En la Figura 3.9 muestra una gráfica de los valores de la cuarta prueba alcanzando una velocidad de 138 km/h y un régimen superior de 4 333 rpm del motor, donde expresa los valores de la potencia máxima que da 101,1 hp a 3 187 rpm a una velocidad de 102 km/h y un torque máximo de 252 Nm a 2 597 rpm con una velocidad de 83 km/h.

Los datos de potencia y torque a una velocidad máxima se representan en la Tabla 3.10.

Tabla 3.10 Prueba 4 con biodiésel B10

Velocidad	Potencia	Velocidad	Torque
102 km/h	101,1 hp	83 km/h	252 Nm

e) Prueba 5: En la siguiente gráfica muestra curvas de la quinta prueba realizada en el vehículo.

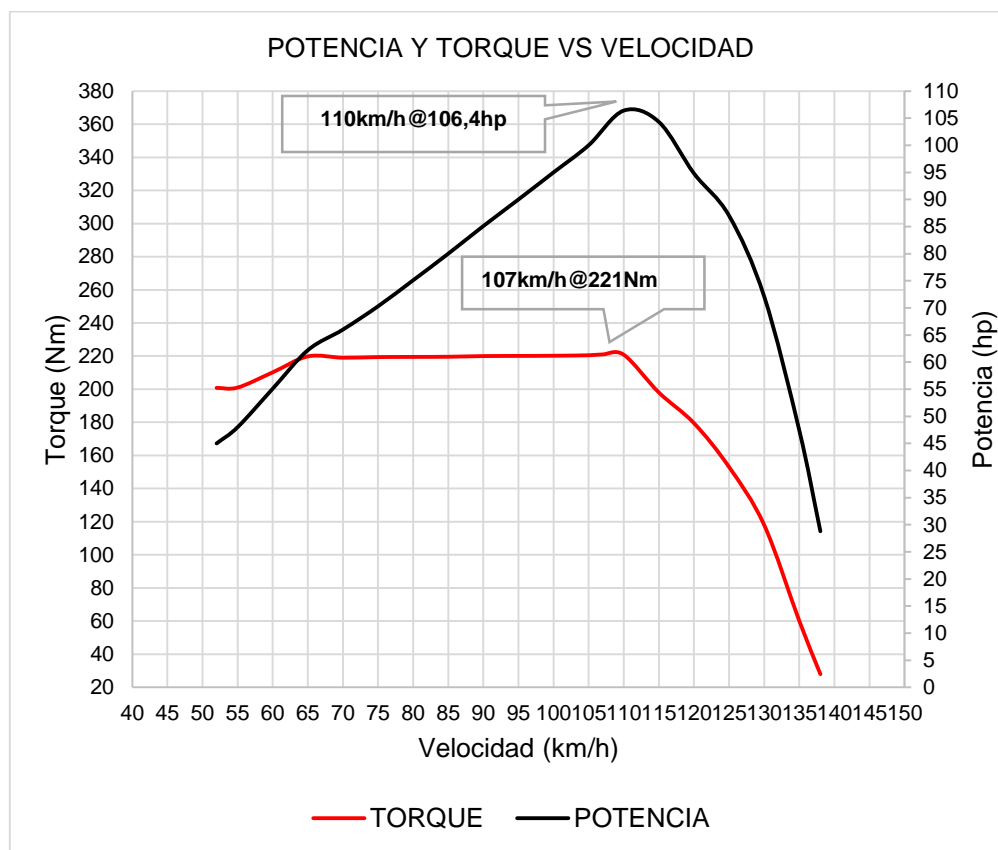


Figura 3.10 Prueba 5 de potencia y torque con biodiésel B10

En la Figura 3.10 observamos una gráfica de los valores por el quinto ensayo donde alcanzó una velocidad de 138 km/h a un régimen superior de 4 334 rpm del motor de los datos generados de una potencia máxima de 106,4 hp a 3 441 rpm a una velocidad de 110 km/h y un torque máximo de 221 Nm a 3 363 rpm con una velocidad de 107 km/h.

Se representan los valores de potencia y torque en la Tabla 3.11.

Tabla 3.11 Prueba 5 con biodiésel B10

Velocidad	Potencia	Velocidad	Torque
110 km/h	106,4 hp	107 km/h	221 Nm

En la Tabla 3.12 representa la potencia y el torque de cada una de las pruebas con biodiésel B10, donde se tendrá una comparación de los datos obtenidos de las pruebas ejecutadas.

Tabla 3.12 Resultados de Potencia y Torque con biodiésel B10

	Velocidad	Potencia	Velocidad	Torque
Prueba 1	103 km/h	89,6 hp	84 km/h	233 Nm
Prueba 2	100 km/h	99,6 hp	87 km/h	247 Nm
Prueba 3	93 km/h	111 hp	89 km/h	278 Nm
Prueba 4	102 km/h	101,1 hp	83 km/h	252 Nm
Prueba 5	110 km/h	106,4 hp	107 km/h	221 Nm

Culminadas las pruebas en el vehículo con el biodiésel B10, se realiza la tabulación de los datos generados por el dinamómetro para la realización de las curvas promedio de la potencia y del torque, posteriormente los resultados obtenidos se comparan con los datos generados con el diésel Premium y así poder evidenciar si existe una variación de esta.

3.2. CURVAS PROMEDIOS

De las cinco pruebas anteriores con los dos tipos de combustibles se obtuvo datos que nos facilitaron a calcular un valor promedio de los ensayos, mediante el programa Excel por el que se realiza los promedios de las gráficas de potencia y torque.

3.2.1 CURVAS PROMEDIO DE POTENCIA Y TORQUE CON DIÉSEL

Tomando en cuenta los parámetros del fabricante del vehículo Chevrolet LUV D-MAX se hace un análisis del promedio de las curvas de potencia y torque con el diésel Premium en un rango normal de operación.

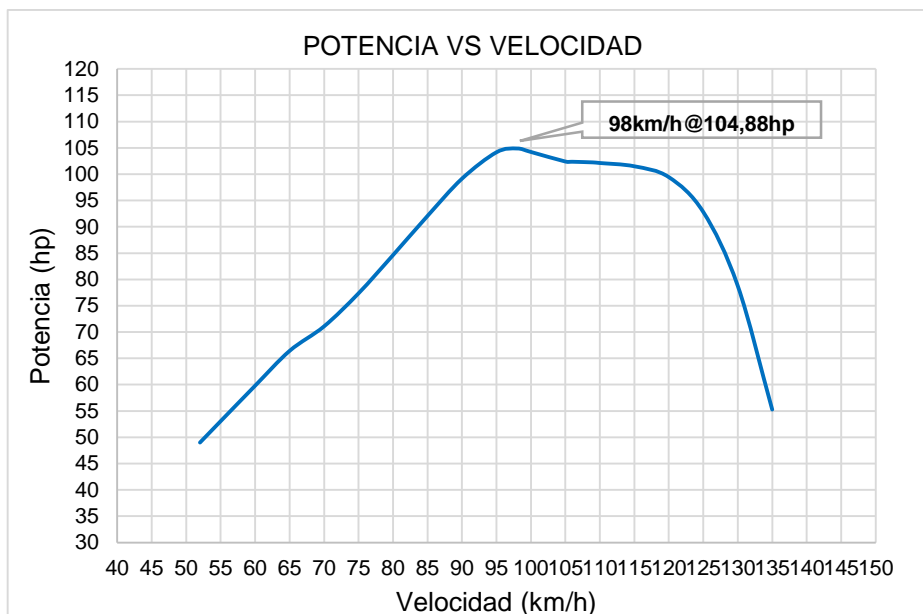


Figura 3.11 Curva promedio de potencia máxima con diésel Premium

En la Figura 3.11 indica los valores de la potencia expresados en caballos de fuerza (hp) utilizando diésel Premium, donde se consigue apreciar una potencia máxima de 104,88 hp a un régimen de velocidad de 98 km/h.

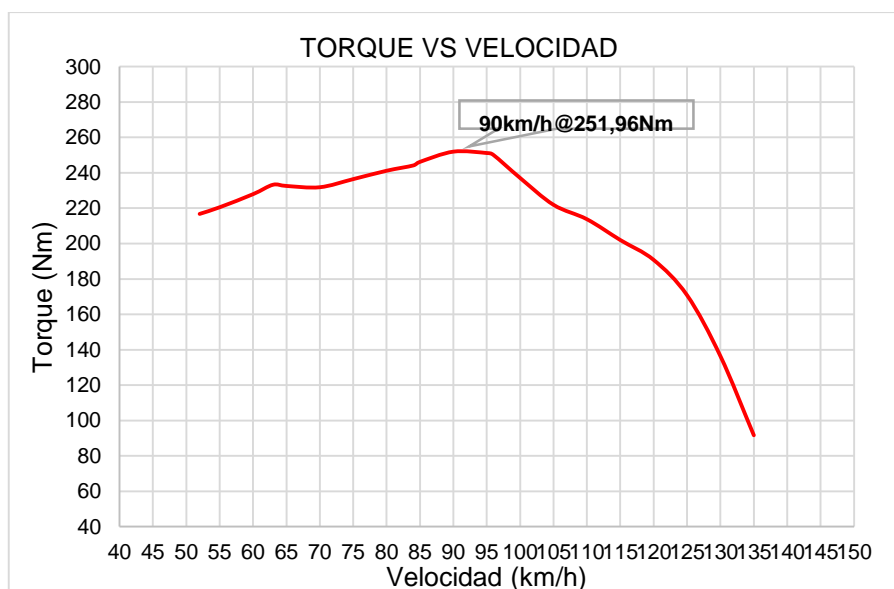


Figura 3.12 Curva promedio de torque máximo diésel Premium

En la Figura 3.12 muestra el torque máximo que genera el motor a cada régimen de giro, por lo que se origina una curva resultante la cual es calculada en Newton por metro (Nm), demostrando que el esfuerzo de torsión máximo que consigue el motor es de 251,96 Nm, con el uso de diésel Premium.

3.2.2 CURVAS PROMEDIO DE POTENCIA Y TORQUE CON BIODIÉSEL B10

Se analiza los resultados obtenidos de la curva promedio de la potencia con el biodiésel B10.

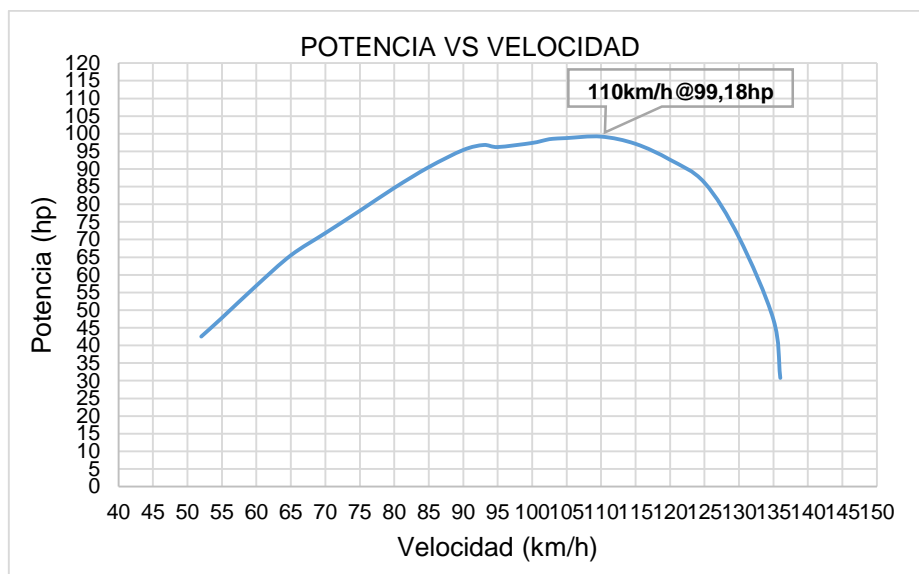


Figura 3.13 Curva promedio de potencia máxima con biodiésel B10

En la Figura 3.13 se muestra una trayectoria que significa la potencia con la mezcla B10, se puede apreciar una curva prominente que llega hasta el pico máximo de potencia de 99,18 hp a un régimen de velocidad de 110 km/h, desde este punto la curva comienza a descender.

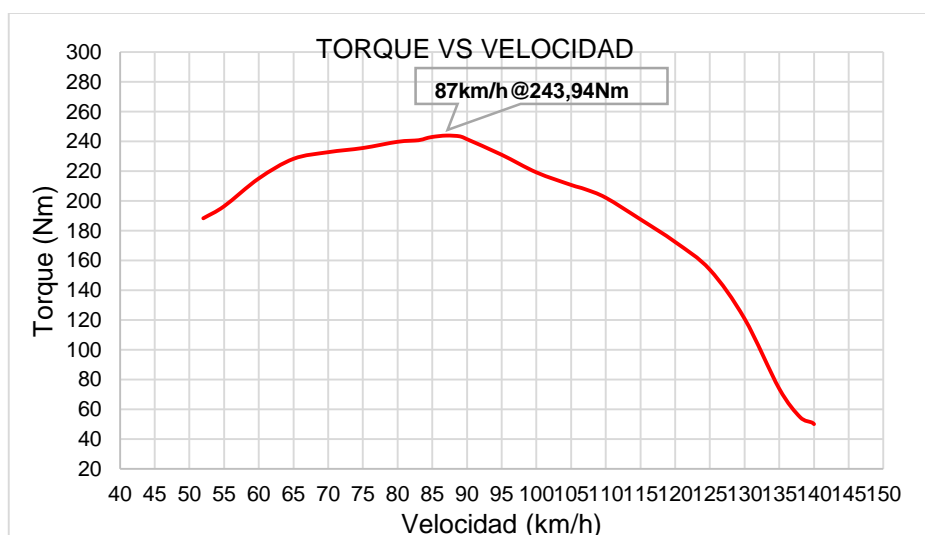


Figura 3.14 Curva promedio de torque máximo con biodiésel B10

En la Figura 3.14 muestra la curva de torque promedio utilizando la mezcla biodiésel B10 alcanzando un valor máximo de 243,94 Nm a un régimen de velocidad de 87 km/h.

3.3 COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE LAS GRÁFICAS POTENCIA VS VELOCIDAD DE LOS DOS COMBUSTIBLES

Con las distintas pruebas ejecutadas tanto con el diésel Premium y el biodiésel B10 a base de aceite de Higuierilla se realizó un análisis comparativo minucioso con lo cual el biocombustible afecta de manera negativa al rendimiento de la potencia obtenida.

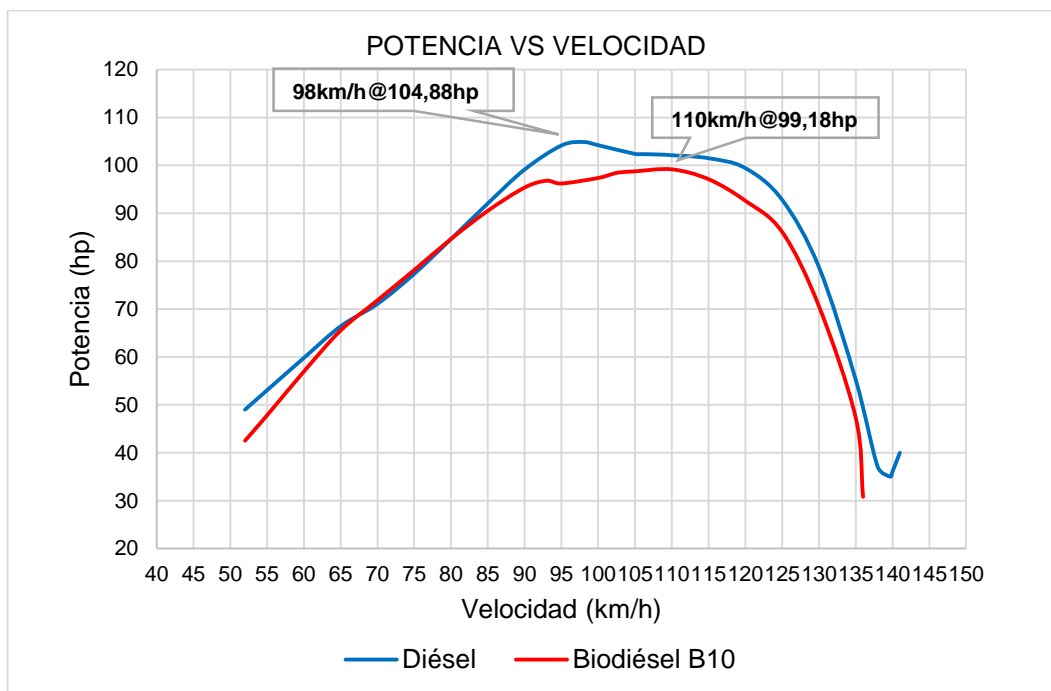


Figura 3.15 Potencia Promedio con diésel/biodiésel B10

En la Figura 3.15 muestra una pérdida de potencia al utilizar biodiésel B10, existiendo una diferencia de 5,7 hp con relación a la potencia desarrollada por el motor utilizando diésel donde el valor máximo alcanzado fue de 104,88 hp de tal forma se tiene una reducción de 5,43 % de potencia en el vehículo.

En la Tabla 3.13 representa los valores de potencia con combustible diésel y biodiésel B10.

Tabla 3.13 Promedio de Potencia

	Velocidad	Potencia	Delta	% de Pérdida
Diésel	98 km/h	104,88 hp	5,7 hp	5,43 %
Biodiésel B10	110 km/h	99,18 hp		

Para calcular el delta de pérdida de potencia se realiza una resta de la potencia máxima alcanzada con diésel y la potencia máxima con biodiésel B10 dando un delta de pérdida de 5,7 hp, seguidamente para determinar el porcentaje de pérdida de potencia se realiza una regla de tres donde se multiplica el delta por el 100 % y dividiendo este resultado para la potencia máxima del diésel quedando un 5,43 % de pérdida de potencia (Rodríguez X. , 2017, pág. 88).

3.4 COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE LAS GRÁFICAS TORQUE VS VELOCIDAD DE LOS DOS COMBUSTIBLES

Al realizar un análisis minucioso de las distintas pruebas ejecutadas tanto con el diésel Premium y el biodiésel B10, se determinó que el biocombustible de manera negativa al rendimiento del torque obtenido.

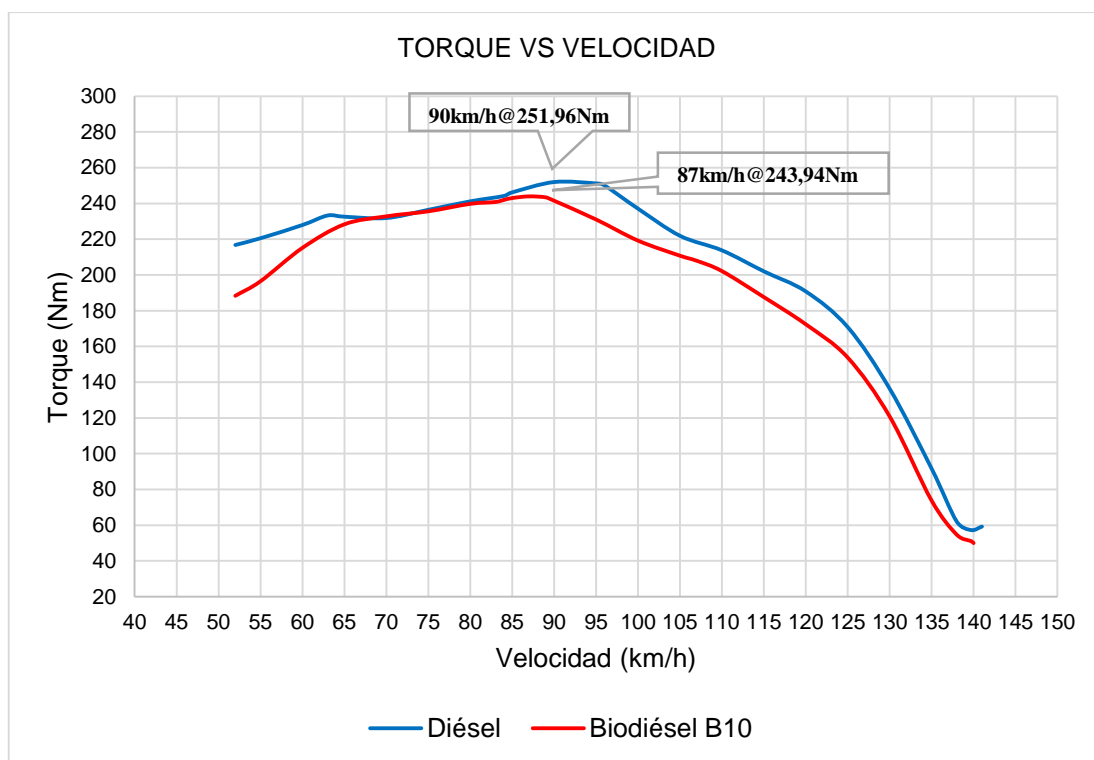


Figura 3.16 Torque Promedio con diésel/biodiésel B10

En la Figura 3.16 indica el promedio del torque máximo del motor con diésel Premium que es de 251,96 Nm alcanzando una velocidad de 90 Km/h y con el biodiésel B10 es de 243,94 Nm a una velocidad de 87 km/h, generando curvas específicas que detallan los valores a

ciertas velocidades, donde dichos datos van aumentando progresivamente a medida que se desarrolla la velocidad del vehículo por consiguiente alcanzando el valor máximo la curva graficada empieza a descender paulatinamente.

En la Tabla 3.14 representa los promedios del torque con combustible diésel y biodiésel B10.

Tabla 3.14 Promedio del Torque

	Velocidad	Torque	Delta	% de Pérdida
Diésel	90 km/h	251,96 Nm	8,02 Nm	3,18 %
Biodiésel B10	87 km/h	243,94 Nm		

Para calcular el delta de perdida de torque se realiza una resta del torque máximo alcanzado con diésel Premium y el torque máximo con biodiésel B10 dando un delta de pérdida de 8,02 Nm. Seguidamente para deducir el porcentaje de pérdida del torque se realiza una regla de tres donde se multiplica el delta por el 100 % y dividiendo este resultado para el torque máximo del diésel Premium quedando una pérdida de 3,18 % de par motor.

Se consideró la potencia del vehículo como un dato importante para realizar el análisis comparativo entre el valor de fábrica y el obtenido, la potencia de un vehículo nuevo es de 130 hp a un régimen de 3800 rpm, de las cinco pruebas realizadas la potencia promedio fue 104,88 hp a una velocidad de giro de 3 170 rpm, la diferencia de potencia se debe a los cinco años de trabajo donde estuvo sometido a desgaste y deterioro de los diferentes sistemas del motor por consiguiente disminución de potencia del vehículo.

3.5 ANÁLISIS DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN RALENTÍ

Se va a analizar los siguientes datos obtenidos de las diferentes pruebas en ralentí ejecutadas en la camioneta.

Los valores correspondientes de cada prueba obtenida indica en la Tabla 3.15 que tiene un valor promedio de los 2 180 ml de consumo a 700 rpm en ralentí.

Tabla 3.15 Resultados del diésel

Diésel Premium = Ralentí a 700 rpm			
Pruebas	Tiempo (min)	Volumen Inicial (ml)	Consumo (ml)
1	25	10 000	2 100
2			2 260
3			2 180
Valor Promedio			2 180

Se procede a realizar las pruebas usando biodiésel B10, bajo las mismas condiciones que con el diésel Premium. En la Tabla 3.16 muestra los datos obtenidos del consumo de combustible en ralentí.

Tabla 3.16 Resultados del biodiésel B10

Biodiésel B10 = Ralentí a 700 rpm			
Pruebas	Tiempo (min)	Volumen Inicial (ml)	Consumo (ml)
1	25	10 000	1 940
2			1 980
3			1 960
Valor Promedio			1 960

3.5.1 CONSUMO EN RALENTÍ A 700 RPM CON DIÉSEL Y BIODIÉSEL

Para determinar el consumo de combustible en ralentí se realizó tres pruebas adaptando el baipás a un régimen de giro del motor de 700 rpm con diésel Premium y biodiésel B10, en un lapso de 25 minutos respectivamente.

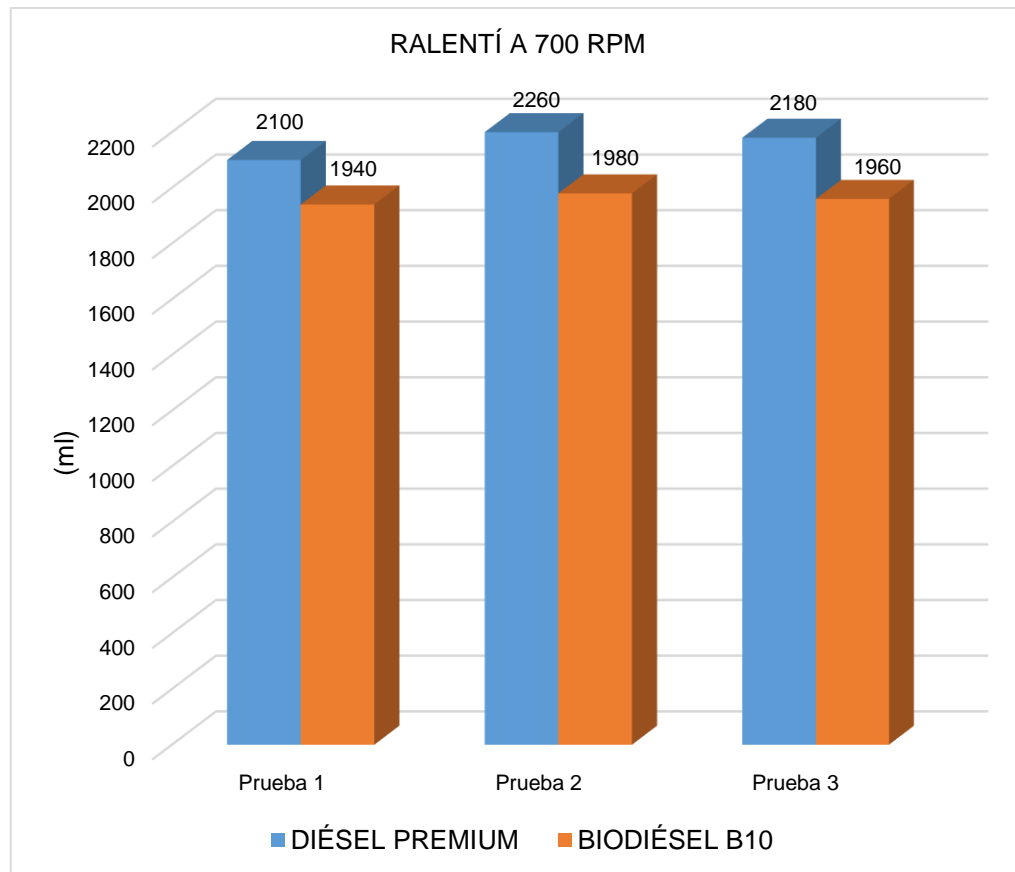


Figura 3.17 Consumo de combustible en ralentí a 700 rpm

En la Figura 3.17 muestra el consumo de combustible de las tres pruebas en ralentí a 700 rpm con los dos combustibles ya mencionados.

Con los datos obtenidos de los diferentes ensayos se analizó que:

- En la prueba uno en diésel Premium tuvo un consumo de combustible de 2 100 (ml) y con biodiésel B10 tuvo un consumo de 1 940 (ml), teniendo una diferencia de 160 (ml).
- En la prueba dos en diésel Premium tuvo un consumo de combustible de 2 260 (ml) y con biodiésel B10 tuvo un consumo de 1 980 (ml), teniendo una diferencia de 280 (ml).
- En la prueba tres en diésel Premium tuvo un consumo de combustible de 2 180 (ml) y con biodiésel B10 tuvo un consumo de 1 960 (ml), teniendo una diferencia de 220 (ml).

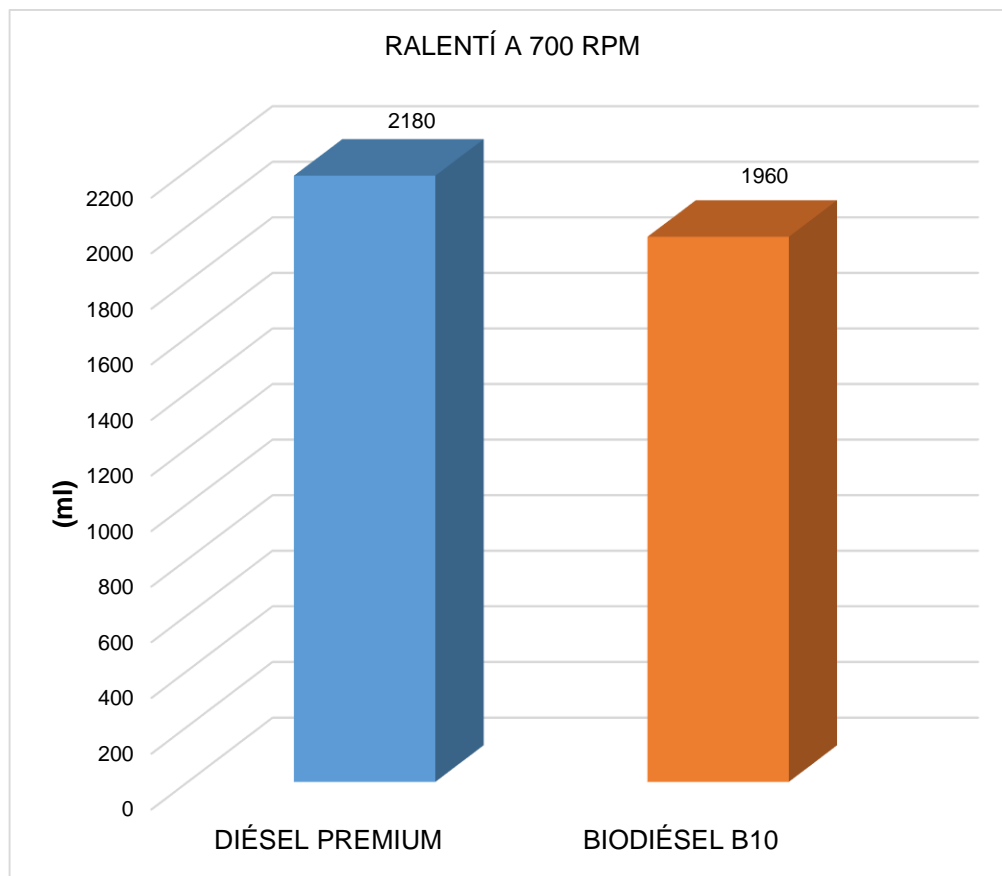


Figura 3.18 Promedio de consumo de combustible en ralentí a 700 rpm

En la Figura 3.18 indica el promedio de las tres pruebas del consumo de combustibles en ralentí a 700 rpm.

Con los diferentes combustibles teniendo una reducción en el consumo de combustible al usar Biodiésel B10 a bajas revoluciones con respecto a la línea base del diésel Premium. Donde se consume 2 180 mililitros utilizando diésel en un tiempo establecido de 25 minutos, en comparación de los 1 960 mililitros consumidos por el motor trabajando con la mezcla B10. Para calcular el porcentaje de ahorro de combustible se realiza una regla de tres donde se multiplica el valor promedio de las pruebas en ralentí que es 1 960 mililitros por el 100 % y dividiendo este resultado para el valor promedio del Diésel de 2 180 quedando un 89,90 %, por lo que al 100 % se le resta dicho porcentaje y en sí se conoce como resultado el ahorro en el consumo de combustible utilizando biodiésel B10 es de un 10,1 % (Rodríguez et al., 2017, pág. 76), cabe recalcar que los datos obtenidos de estos ensayos fueron realizados a un régimen de giro del motor a 700 rpm con diésel con una temperatura máxima de 110 °C y de 700 a 710 rpm con biodiésel B10 con una temperatura máxima de 120 °C.

3.6 ANÁLISIS DE TEMPERATURA CON DIÉSEL PREMIUM Y BIODIÉSEL B10

En la Tabla 3.17 indica los valores de temperatura de trabajo en ralentí de las distintas pruebas utilizando los dos tipos de combustibles.

Tabla 3.17 Rangos de temperaturas de las pruebas

TEMPERATURA DE LOS ENSAYOS						
	Prueba 1		Prueba 2		Prueba 3	
	Diesel	Biodiésel B10	Diesel	Biodiésel B10	Diesel	Biodiésel B10
Temperatura Inicio	92 °C	91 °C	91 °C	92 °C	91 °C	92 °C
Temperatura Fin	108 °C	116 °C	110 °C	120 °C	110 °C	120 °C
Tiempo	25 min		25 min		25 min	
Rpm	700	700-710	700	700-710	700	700-710

Al momento del primer ensayo el motor tenía una temperatura de inicio de unos 92 °C en el cual se observó que en el tacómetro/medidor de temperatura finalizaba con 108 °C con el combustible diésel Premium aumentando 16 °C en el motor durante un lapso de 25 minutos mientras que con el biodiésel B10 comenzó con 91 °C hasta los 116 °C teniendo un aumento de 25 °C de temperatura, mientras sus revoluciones por minuto variaban entre los 700 y 710 rpm.

En el segundo y tercer ensayo con el combustible diésel Premium aumenta 19 °C en la temperatura del motor mientras que con el biodiésel B10 tiene un aumento de 28 °C de temperatura teniendo el mismo régimen de variación en las pruebas.

3.7 ANÁLISIS DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN CARRETERA CON DIÉSEL Y BIODIÉSEL B10

Se va a analizar los siguientes datos obtenidos de las diferentes pruebas para determinar el consumo de combustible en carretera por lo que se realizó dos pruebas adaptando el baipás con diésel Premium y biodiésel B10, en una distancia de 35,7 km respectivamente.

Por consiguiente, en la Tabla 3.18 son los resultados logrados en la prueba de consumo de carburante en carretera utilizando diésel Premium.

Tabla 3.18 Consumo en Carretera con diésel Premium

CONSUMO EN CARRETERA = DIÉSEL PREMIUM					
Pruebas	Distancia Recorrida	Tiempo (min)	Volumen Inicial (ml)	Consumo (ml)	Valor Promedio
1	35,7 km	49:05	20 000	6 990	6 960 ml
2		49:07		6 930	

En la Tabla 3.19 muestra el consumo de combustible en carretera utilizado el biodiésel B10.

Tabla 3.19 Consumo en Carretera con biodiésel B10

CONSUMO EN CARRETERA = BIODIÉSEL B10					
Pruebas	Distancia Recorrida	Tiempo (min)	Volumen Inicial (ml)	Consumo (ml)	Valor Promedio
1	35.7 km	49:05	20 000	5 920	5 955 ml
2		49:07		5 990	

Se evidencia una variación en el consumo de combustible al usar biodiésel B10 con respecto a la línea superior del diésel, durante un tiempo determinado de 49,05 minutos.

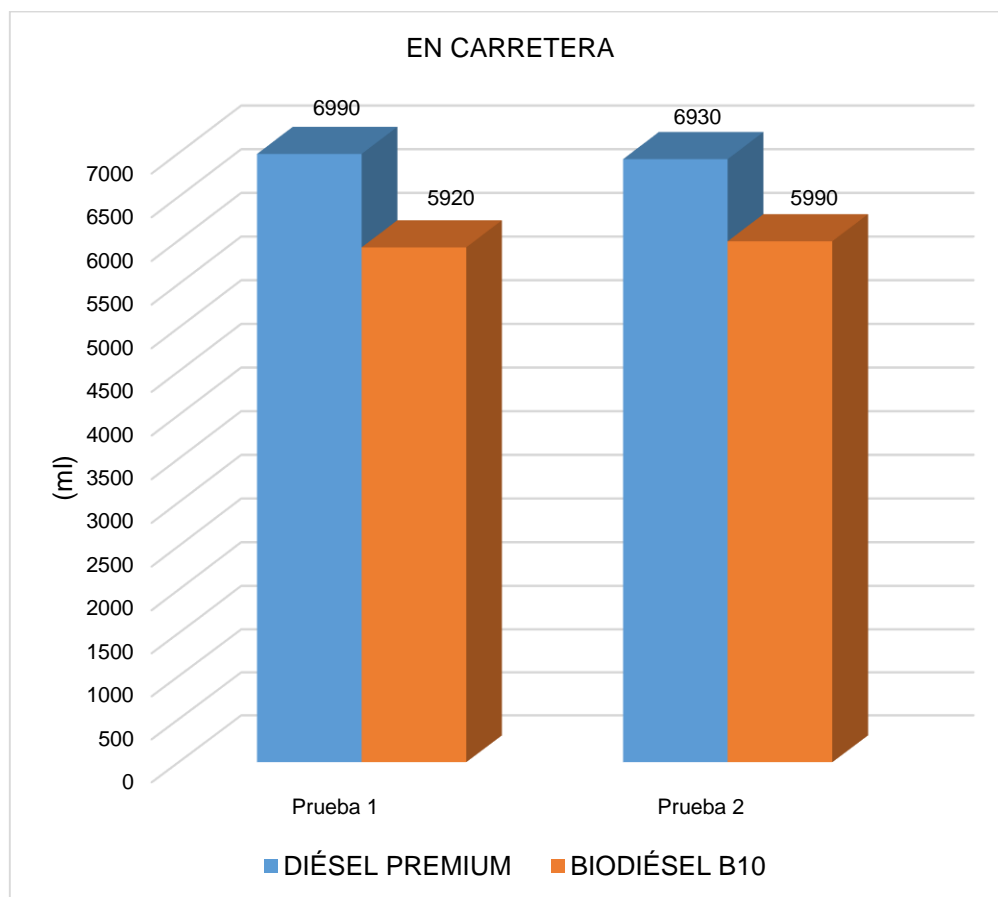


Figura 3.19 Consumo de combustible en carretera con diésel Premium/biodiésel B10

En la Figura 3.19 indica el consumo de combustible de las dos pruebas en carretera con los combustibles diésel/biodiésel B10.

Con las dos diferentes pruebas en carretera se obtuvieron datos que:

- En la prueba uno en diésel Premium tuvo un consumo de combustible en carretera de 6 990 (ml) y con biodiésel B10 tuvo un consumo de 5 920 (ml), teniendo una diferencia de 1 070 (ml).
- En la prueba dos en diésel Premium tuvo un consumo de combustible en carretera de 6 930 (ml) y con biodiésel B10 tuvo un consumo de 5 990 (ml), teniendo una diferencia de 940 (ml).

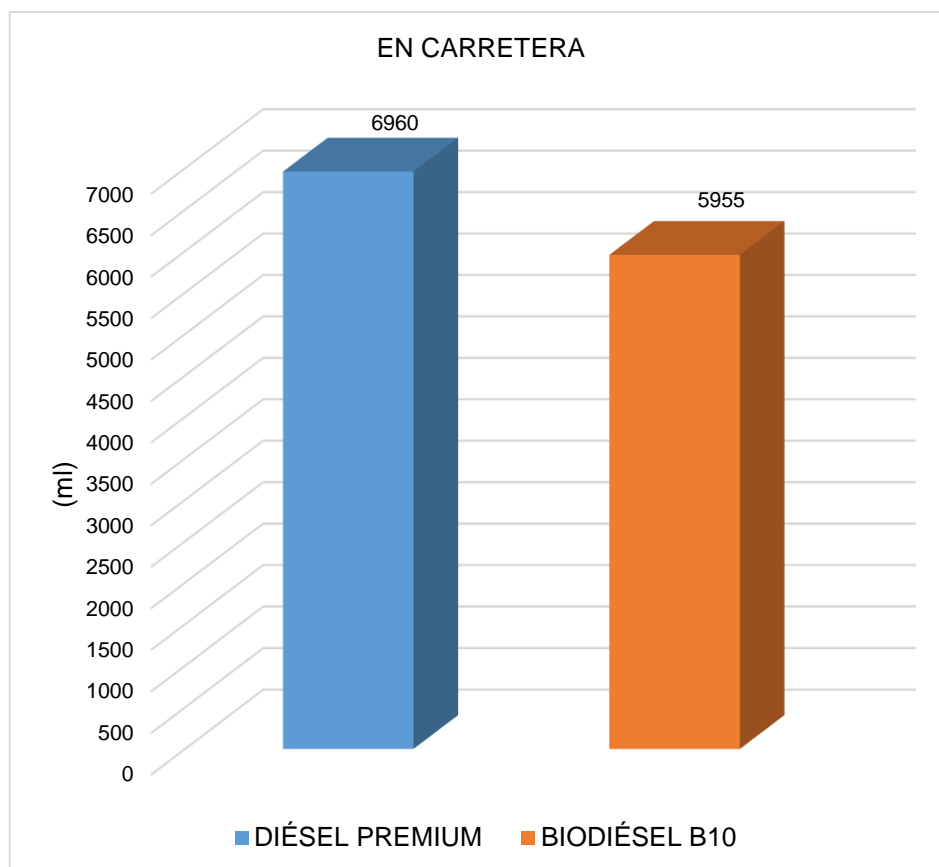


Figura 3.20 Promedio de consumo de combustible en carretera

En la Figura 3.20 indica el promedio de las dos pruebas del consumo de combustibles en carretera con los combustibles diésel Premium y biodiésel B10.

En el promedio del consumo de combustible en carretera de los dos combustibles se analiza una reducción de consumo al momento de utilizar el biodiésel B10 a bajas revoluciones en proporción a la línea base del diésel Premium, por tal motivo se consume 6 960 mililitros utilizando diésel Premium en una distancia de 35,7 km en un tiempo de 49 minutos y 5 segundos, ya que en comparación con el biodiésel B10 su consumo fue de los 5 955 mililitros teniendo una diferencia de 1 005 mililitros, haciendo el mismo cálculo que en ralentí se generó un porcentaje de 14,42 % de ahorro de combustible en carretera.

3.8 ANÁLISIS GENERAL

Se expresa los valores recopilados del promedio de los parámetros del funcionamiento utilizando los dos tipos de combustibles en las pruebas.

A continuación, en la Tabla 3.20 que expresa un análisis general comparativo de las pruebas de potencia, torque y el consumo de los combustibles diésel Premium y biodiésel B10.

Tabla 3.20 Análisis general de los combustibles

DIÉSEL PREMIUM				
Potencia (hp)	Velocidad (km/h)	Torque (Nm)	Velocidad (km/h)	rpm
104,88	98	251,96	90	2 683
BIODIÉSEL B10				
99,18	110	243,94	87	2 472
PORCENTAJE DE PÉRDIDA CON EL BIODIÉSEL B10				
	Delta	%		
Potencia	5,7 hp	5,43		
Torque	8,02 Nm	3,18		
CONSUMO EN RALENTÍ A 700 RPM				
Diésel Premium		2 180 (ml)		
Biodiésel B10		1 960 (ml)		
Ahorro de combustible		10,1 %		
CONSUMO EN CARRETERA				
Diésel Premium		6 960 (ml)	1,84 galones	
Biodiésel B10		5 955 (ml)	1,57 galones	
Ahorro de combustible		14,42 %		
Rendimiento del combustible en carretera		Diésel Premium	5,13 km/litro	
		Biodiésel B10	5,99 km/litro	

Para obtener el dato del consumo en carretera se divide la distancia recorrida por lo litros quedando (km/litros), ya que el valor de mililitros se transformó a litros para realizar el cálculo del consumo en la ruta. Por consiguiente, para el rendimiento del combustible en carretera quedo 5,13 km/litro utilizando el diésel Premium y 5,99 km/litro con el biodiésel B10 quedando una diferencia de 0,86 km/litro.

Con los resultados conseguidos en las distintas pruebas de ruta se emplea la ecuación 3.1 de acuerdo con (Schulbuchverlog, 1986, pág. 164) se ejecutará el cálculo de consumo de combustible en carretera.

$$Ks = \frac{K*100}{s} \left[\frac{Gal}{100 Km} \right] \quad [3.1]$$

Donde:

Ks = Consumo de combustible en carretera

K = Volumen en galones

s = Distancia recorrida

Se realiza el cálculo con los datos generados en la prueba de ruta con el vehículo funcionando con el combustible diésel convencional, por lo que, reemplazando los datos en la ecuación, se tiene:

$$Ks = \frac{1,84*100}{35,7} \left[\frac{Gal}{100 Km} \right]$$

$$Ks = 5,15 \frac{Gal}{100 Km}$$

Como resultado, el vehículo consume 5,15 galones de diésel Premium por cada 100 km que recorre con el combustible. Posteriormente se ejecuta el cálculo con los datos obtenidos en la prueba de ruta con el vehículo funcionando con el biocombustible B10.

De igual forma reemplazando los datos en la ecuación, se tiene:

$$Ks = \frac{K*100}{s} \left[\frac{Gal}{100 Km} \right]$$

$$Ks = \frac{1,57 \cdot 100}{35,7} \left[\frac{\text{Gal}}{100 \text{ Km}} \right]$$

$$Ks = 4,40 \frac{\text{Gal}}{100 \text{ Km}}$$

Por consiguiente, se ve que el vehículo consume 4,40 galones de biodiésel B10 por cada 100 km que recorre. De esta manera, se evidencia que con el biocombustible tiene un ahorro de 0,75 galones de combustible por cada 100 km de recorrido.

3.9 ANÁLISIS DE RENDIMIENTO DE LOS DOS COMBUSTIBLES

Con el consumo de combustible en carretera estipulado con anterioridad en la ficha técnica del automóvil en el capítulo 2, indica que cuando ha sido nuevo consumía 7,4 litros diésel en 100 kilómetros de recorrido, este es un dato referencial que ayudara en el análisis comparativo del rendimiento de combustible en carretera en las pruebas con los dos combustibles.

En la Tabla 3.21 se realiza un análisis del consumo de combustible de acuerdo con la distancia recorrida en las pruebas, la misma que se expresa en 35,7 y 100 kilómetros respectivamente.

Tabla 3.21 Especificación del consumo del combustible

CONSUMO DEL DIÉSEL/BIODIÉSEL B10				
	Prueba con Diésel Premium		Prueba con Biodiésel B10	
Consumo en Carretera	35,7 km	100 km	35,7 km	100 km
Litros	6,96	19,50	5,96	16,68
Galones	1,84	5,15	1,57	4,41

Estimando los 100 km y conociendo el volumen del consumo de combustible en los 35,7 km, los litros se transforman a galones quedando de la siguiente manera:

- Para conocer el dato del consumo para los 100 kilómetros se multiplico esta distancia por 6,96 litros y dividiéndolo para los 35,7 km dándonos un resultado de 19,50 litros.
- Para transformar los litros a galones se divide los datos en litros para 3,78.

En las pruebas realizadas en el vehículo de propiedad de la Universidad Técnica del Norte considerando que ya tiene un cierto kilometraje y un lapso de trabajo de cinco años, se analiza que en la distancia que tuvo desde la estación de servicio Los Olivos hasta los Cañaverales teniendo 35,7 km de ida y vuelta, tuvo un consumo de 6,96 litros que en galones es 1,84 de Diésel Premium. Al analizar recorridos largos sobre los 100 km se va a tener un consumo de 19,50 litros que en galones es 5,15 gl.

En la prueba con el combustible biodiésel B10 en el recorrido de los 35,7 km se consume 5,96 litros por lo que es 1,57 galones, pero si se recorre los 100 km se va a tener un consumo de 16,68 litros que haciendo la conversión seria 4,41 galones.

En la Tabla 3.22 indica el consumo de diésel Premium y biodiésel B10 en tres diferentes ciudades con distintas distancias de recorrido establecidas en kilómetros.

Tabla 3.22 Consumo a diferentes recorridos

Distancias	Combustibles	Litros	Galones
Prueba Realizada 35,7 km	Diésel Premium	6,96	1,84
	Biodiésel B10	5,96	1,57
Ibarra-Quito 115 km	Diésel Premium	22,42	5,92
	Biodiésel B10	19,18	5,07
Ibarra-Tulcán 127 km	Diésel Premium	24,76	6,54
	Biodiésel B10	21,18	5,60
Ibarra-Manabí 485,5 km	Diésel Premium	94,65	25,01
	Biodiésel B10	80,98	21,40

Para recorrer distintas distancias hemos puesto de ejemplo nuestro recorrido de los 35,7 km desde los Olivos hasta los Cañaverales vía el Carchi, con el diésel Premium se consume 6,96 litros (1,84 galones), mientras que con el biodiésel B10 se consumió 5,96 litros (1,57 galones), en este recorrido se analizó que a esa distancia tuvo una diferencia de ahorro de 1 litro (0,27 galones), se han mencionado posibles distancias de recorridos donde se indicará que:

- Un recorrido de 115 km de Ibarra hasta Quito con el diésel Premium se consume 22,42 litros (5,92 galones), pero si utilizamos el combustible biodiésel B10 el consumo a esa misma distancia es de 19,18 litros (5,07 galones), por tal motivo con el biodiésel B10 se tiene un ahorro de 3,24 litros (0,85 galones).
- Una distancia de 127 km de Ibarra hasta Tulcán con el diésel Premium se consume 24,76 litros (6,54 galones), pero utilizando el biodiésel B10 a esa misma distancia su consumo es de 21,18 litros (6,60 galones), por tal motivo se evidencia que con el biodiésel B10 se tiene un ahorro de 3,58 litros (0,94 galones).
- Un recorrido de 485,5 km de Ibarra hasta Manabí con el diésel Premium tiene un consumo de 94,65 litros (25,01 galones), pero utilizando el biodiésel B10 a ese mismo recorrido tendría un consumo de 80,98 litros (21,40 galones), por tal motivo se tiene un ahorro de 13,67 litros (3,61 galones).

Cabe recalcar que en el recorrido de Ibarra a Manabí es una distancia muy larga donde gastaría 94,65 litros por lo que obligatoriamente se tendría que recargar nuevamente el depósito de combustible ya que la capacidad del tanque de la camioneta solo es de 76 litros como se indicaba en la ficha técnica del vehículo en el capítulo 2.

CAPÍTULO IV

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- Utilizando el biodiésel B10 en la camioneta Chevrolet Luv D-Max 3.0 no se consiguió mejorar el parámetro de la potencia del motor, ya que se tiene una pérdida de 5,7 hp, deduciendo que tiene 5,43 % de pérdida de potencia en comparación con los resultados del diésel Premium.
- Se concluye que el torque tiene un descenso de 8,02 Nm dando un porcentaje de 3,18 % de pérdida utilizando el biodiésel B10 en la camioneta Chevrolet Luv D-Max 3.0, por lo que no se consiguió mejorar los parámetros de rendimiento del motor a diferencia que con el diésel común.
- Mediante la alimentación del biodiésel B10 a base de aceite de higuera en la camioneta Chevrolet Luv D-Max 3.0 se consumió 1 960 ml que en comparación con el diésel Premium que gasta 2 180 ml logrando reducir la cantidad de consumo de combustible en la fase de ralentí (700 rpm), hasta un 10,1%. con respecto al funcionamiento del motor.
- De acuerdo con los valores obtenidos del ensayo experimental en ralentí, el motor alimentado con biodiésel B10 empezó a una temperatura de 92° C hasta llegar a los 120 °C, proporcionando un aumento de hipertermia significativa en los elementos fijos y móviles del motor.
- Se determinó que el combustible por cada 35,7 km de recorrido con diésel Premium tiene un rendimiento de 5,13 km/litro, mientras que con Biodiésel B10 en el mismo trayecto rinde 5,99 km/litro, lo que proporciona que con el mismo volumen de biocombustible se tiene una mayor distancia de recorrido.

- De acuerdo con el objetivo 3.4 del plan nacional “toda una vida” nos dice que hay que promover buenas prácticas que aporten a la reducción de la contaminación, incentivando mediante un análisis la utilización de biodiésel B10 donde evidencia un porcentaje mínimo de pérdida en los parámetros de rendimiento del motor, pero si un ahorro significativo de combustible en ralentí y en carretera, logrando mitigar en cierta cantidad la emanación de gases contaminantes a la atmósfera cumpliendo así el objetivo 3, que es garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones.

4.2 RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio de los parámetros del funcionamiento de la camioneta Chevrolet Luv D-Max 3.0 utilizando el biodiésel B10 a base de aceite de higuera en la zona costera del país, donde existe mayor presión atmosférica con el fin de corroborar las ventajas y desventajas del uso de uno y otro combustible.
- Se recomienda que la población conozca futuras investigaciones acerca del uso del biocombustible de higuera, por lo que es fácil de encontrar y por tal motivo podrían ser beneficiosas en generaciones futuras, con el fin de que el medio ambiente pueda estar más limpio de las emanaciones de los combustibles.
- Emplear distintos biocombustibles con diferentes porcentajes de mezclas realizando ensayos experimentales que permitan demostrar la diferencia de potencia, torque y consumo de combustible en un vehículo con el fin de determinar que biocombustible es más eficiente.
- Es necesario realizar un estudio sobre el consumo en ralentí con el biodiésel B10, a una determinada altitud, ya que la Provincia de Imbabura tiene un relieve irregular y podemos localizar alturas que sobre pasan los 3000 msnm, donde se podrá evidenciar si el consumo del biocombustible aumenta o disminuye a esa determinada altura.
- Es recomendable socializar los resultados obtenidos de este trabajo investigativo, donde enfatiza el uso del biodiésel B10 a base de aceite de higuera, para empresas e industrias relacionadas al transporte con el fin de tener una disminución de consumo de combustible y un ahorro significativo de dinero.

Bibliografía

1. Acosta, A. (2012). Biocombustibles. Academia Nacional De La Ingeniería.
2. Alonso Pérez, J. M. (2013). Motores. Madrid: Paraninfo.
3. Araya, J. (2011). Efecto de la utilización del Biodiésel sobre las emisiones de vehículos pesados. Santiago de Chile: Universidad de Chile.
4. Arciniegas , O. L. (2018). Estimación de emisiones contaminantes de vehículos de transporte escolar e institucional en la ciudad de Ibarra mediante modelado computacional. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.
5. Basantes, J., & Cifuentes, S. (2013). Elaboración de material didáctico de un motor de combustión interna de cuatro tiempos en corte con cja de cambios. Quito: Universidad San Francisco de Quito.
6. Calleja, D. G. (2015). Mantenimiento de Sistemas Auxiliares del Motor de Ciclo Diésel . Madrid : Ediciones Paraninfo, SA.
7. Calleja, D. G. (2015). Motores Térmicos y sus Sistemas Auxiliares. Madrid: Ediciones Paraninfo, S.A.
8. Calleja, D. G. (2016). Mantenimiento Mecánico Preventivo del Vehículo. Madrid : Ediciones Paraninfo, SA.
9. Calleja, E., & Quezada, V. (2009). Los Biocombustibles. El Cotidiano, 78.
10. Casa de los Químicos. (15 de Abril de 2018). Análisis de metanol. Quito.
11. Cevallos Tayan , V. A. (2017). Análisis del Rendimiento del Tren de Potencia para el Servicio de Taxis de la Ciudad de Ibarra. Ibarra : Universidad Técnica del Norte.

12. Chevrolet. (2013). Automotores Continental. Obtenido de Automotores Continental:
http://www.coltolima.com.co/wp/dominios/coltolima.pagegear.co/upload/ficha_tecnica/ficha_28.pdf

13. Delgado, R. C. (17 de Septiembre de 2013). PAMs_Ecuador . Obtenido de PAMs_Ecuador:
https://www.iea.org/media/pams/ecuador/PAMs_Ecuador_blendingmanadate2012.pdf

14. Denton, T. (2016). Diagnóstico Avanzado de Fallas Automotrices . Tercera Edición Marcombo S.A.

15. Díaz, I. L. (2014). Evaluación del empleo de Biocombustibles en motores de encendido por compresión. Servicio de Publicaciones de la Universidad Córdova, 5.

16. Echeverría Echeverría, J. C. (2018). Análisis de las propiedades fisicoquímicas del Biodiésel a base de aceite de higuera B10. Ibarra : Universidad Técnica del Norte .

17. Espinoza , S., & Guayanlema , V. (2017). Balance y proyecciones de sistema de subsidios energéticos en el Ecuador . Friedrich Ebert Stiftung, 18.

18. Friedmann, A., & Penner , R. (2011). Biocombustibles Alternativos de Negocios Verdes. Agencia del Gobierno de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), 5-7.

19. Friedrich, J., & Damassa, T. (25 de Noviembre de 2014). World Resources Institute . Obtenido de World Resources Institute : <http://www.wri.org/blog/2014/11/6-graphs-explain-world%E2%80%99s-top-10-emitters>

20. Gonzáles , R., & Rodríguez, Y. (2010). Consumo de combustible de los motores de combustión interna . Scielo, 4.

21. Goñi Delión, J. C., & Rojas Delgado , M. (2016). Manual de Combustibles Alternativos y Tecnología Automotriz. Lima: Universidad de Lima Fondo Editorial.

22. Ibáñez, S. P. (2012). Mantenimeinto de Sistemas Auxiliares del Motor de Ciclo Diesel. Málaga : IC Editorial .
23. INEN . (2012). Productos derivados del petróleo diésel , 4.
24. Iniesta, J., & García , P. (2008). El petróleo (El recorrido de la energía). Fenercom, 4.
25. ISO. (23 de Septiembre de 1992). Online Browsing Platform(OBP). Obtenido de Online Browsing Platform(OBP): <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:1585:ed-3:v1:en>
26. Líderes. (2014). Productos del Biodiésel en Ecuador. Revista Líderes, 3.
27. Martínez, A. (2007). Motores de combustión interna. Monterrey: Sant Celoni.
28. Moralez, R., Ponse, Z., & Mercedes , Y. (2007). Selección del tren motriz de vehiculos pesados (carga y pasajeros) destinados al servicio publico federal. México: Instituto Mexicano de Transportes.
29. Morones, A. (2013). Pruebas en dinamómetro de chasis a un vehículo diésel de pasajeros utilizando mezclas de Biodiésel y diésel. Monterrey: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.
30. Nuevo Reglamento Euro 5 y Euro 6. (2009). CESVIMAP, 48-51.
31. Ochoa, E. M., & Salazar, H. A. (2018). Estudio para la optimización del biocombustible en la operación de taxis de la ciudad de San Miguel de Ibarra. Ibarra: Universidad Técnica del Norte .
32. Organización Mundial de la Salud . (02 de Mayo de 2018). Obtenido de Organización Mundial de la Salud : [www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)

33. Peiró, P. (2014). Modelado CFD del proceso de combustión en un motor Diésel de pequeña cilindrada. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
34. Pérez Sánchez , A., & Ayala Batista, R. (2015). Simulación en Aspen de la combustión de mezclas Diésel-Biodiésel. Ingeniería Investigación y Tecnología, 85.
35. Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 toda una Vida de Ecuador. (2018). 48-83.
36. Quintero, C., & Moreno, F. (2014). Caracterización del desempeño de un motor Diésel a partir de la implementación de diferentes mezclas biocombustible/Diésel . Bogotá: Universidad Santo Tomas.
37. Recalde Rojas , M., & Revelo Argoti, R. (2015). Analisis de emisiones en vehículos a gasolina utilizando pruebas estacionaria y dinámica mediante ciclo IM-240. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
38. Sánchez, A., & Huertas, K. (2013). Obtención y Caracterización de Biodiésel a partir de Aceite de Semillas de Ricinus Communis. (Higuerilla) Modificadas Genéticamente y Cultivadas en el eje cafetero. Pereira: Universidad Tecnología de Pereira.
39. Sánchez, E. (2013). Sistemas Auxiliares del Motor. Madrid: Macmillan Iberia, S.A.
40. Sánchez, M., & Greco k., H. (2012). Obtención y Caracterización de Biodiesel a partir de Aceite de Semillas de Higuerilla. Lima: Universidad Tecnológica de Pereira.
41. Schulbuchverlog, S. (1986). Matemática aplicada para la técnica del automóvil. Cuenca : EDIBOSCO .
42. Terrera, O. (2011). Consecuencias del Smog en la vías respiratorias. Aconcagua: Universidad del Aconcagua Facultad de Ciencias Médicas Licenciatura en Enfermería.

43. Torres Adalco, A. (2017). Poder Calorífico Inferior de Biodiésel de Distintas Fuentes y su Desempeño en el Motor. Sociedad Mexicana de Termodinámica, 326.
44. Vamag. (13 de Marzo de 2017). Manual de Operación y Mantenimiento. Italia: CE.

ANEXOS

ANEXO I

CERTIFICADO DE ANÁLISIS DEL METANOL



Scharlab S.L.
Tel. int.: +34-93-7151811
Email: scharlab@scharlab.com

CERTIFICATE OF ANALYSIS

Product: **Methanol, reagent grade, ACS, ISO, Reag. Ph Eur** Batch 17654101
ME0302 Quality release date 02/12/2016
Expiry date 12/2021

Analysis	Batch value	Specifications
assay (G.C.)	99,99 %	min. 99,9 %
identity (IR-spectrum)	passes test	passes test
density (20°/4°)	0,7914	0,790 - 0,792
density (20°/20°)	0,7928	0,791 - 0,793
appearance	clear	clear
colour (Hazen)	2	max. 10
boiling point	64 - 65 °C	64 - 65 °C
solubility in water	passes test	passes test
acidity	0,00006 meq/g	max. 0,0002 meq/g
alkalinity	0,00001 meq/g	max. 0,0002 meq/g
chlorides (Cl)	< 0,00005 %	max. 0,00005 %
sulfates (SO ₄)	< 0,0001 %	max. 0,0001 %
aluminium (Al)	< 0,00005 %	max. 0,00005 %
arsenic (As)	< 0,000002 %	max. 0,000002 %
barium (Ba)	< 0,00001 %	max. 0,00001 %
beryllium (Be)	< 0,000002 %	max. 0,000002 %
bismuth (Bi)	< 0,000002 %	max. 0,000002 %
boron (B)	< 0,000002 %	max. 0,000002 %
cadmium (Cd)	< 0,000005 %	max. 0,000005 %
calcium (Ca)	< 0,00005 %	max. 0,00005 %
chromium (Cr)	< 0,000002 %	max. 0,000002 %
cobalt (Co)	< 0,000002 %	max. 0,000002 %
copper (Cu)	< 0,000002 %	max. 0,000002 %
gallium (Ga)	< 0,000002 %	max. 0,000002 %
gold (Au)	< 0,000002 %	max. 0,000002 %
indium (In)	< 0,000002 %	max. 0,000002 %
iron (Fe)	< 0,00001 %	max. 0,00001 %
lead (Pb)	< 0,00001 %	max. 0,00001 %
lithium (Li)	< 0,000005 %	max. 0,000005 %
magnesium (Mg)	< 0,00001 %	max. 0,00001 %
manganese (Mn)	< 0,000002 %	max. 0,000002 %
molybdenum (Mo)	< 0,000002 %	max. 0,000002 %
nickel (Ni)	< 0,000002 %	max. 0,000002 %
platinum (Pt)	< 0,000005 %	max. 0,000005 %
silver (Ag)	< 0,000002 %	max. 0,000002 %

This certificate does not release the user from their control upon receipt of the goods
You can get a copy of any of our COA from our web site: www.scharlab.com

M. Canet
Laboratory Manager

Figura AI.1 Certificado de análisis de metanol
(Casa de los Químicos, 2018, pág. 1)

ANEXO II

CERTIFICADO DE ANÁLISIS DEL ACEITE DE HIGUERILLA (RICINO)

 Oleaginosas del Puerto OLIPUERTO S.A.		
PARA: REFERENCIA: FECHA DE ELABORACIÓN: TIEMPO DE VIDA UTIL : LOTE: FECHA DE ENTREGA:	LA CASA DE LOS QUIMICOS LAQUIN CIA. LTDA. Aceite de Ricino USP Marzo del 2017 Dos años (bajo condiciones optimas de almacenamiento) OPM-ARUSP-031795 Marzo 06 del 2018	
CERTIFICADO DE ANALISIS		
ENSAYO	RESULTADOS	METODO
COLOR (LOVIBOND 5 1/4)	Y=9,3/R=1,1	Cc 13b-45 AOCS
ÁCIDOS GRASOS LIBRES (OLEICO)	1.38%	Ca 5a-40 AOCS
HUMEDAD & VOLÁTILES	0.20%	Ca 2c-25 AOCS
PESO ESPECIFICO A 25 °C	0.961	Cc 10a-25 AOCS
ÍNDICE DE YODO (WIJS)	85 cg/g	Cd 1 - 25 AOCS
ÍNDICE DE HIDROXILO	164	Cd 13 - 60 AOCS
ÍNDICE DE REFRACCIÓN 25 °C	1.477	Cc 7 - 25 AOCS
ÍNDICE DE SAPONIFICACIÓN	178 mg KOH/g	Cd 3 - 25 AOCS
IMPUREZAS INSOLUBLES	0,01 % MAX	Ca 3 - 46 AOCS
ASPECTO	CLARO Y BRILLANTE	
OLOR	CARACTERÍSTICO A RICINO	


ING. ROBIN ALAVA A.
JEFE DE PLANTA

Robin Alava
 Jefe de Planta
 OPM-ARUSP-031795

Figura AII.2 Certificado de análisis del aceite de higuierilla
 (Casa de los Químicos, 2018, pág. 1)

ANEXO III

COLOCACIÓN DE LOS MATERIALES PARA LA ELABORACIÓN DEL BIODIÉSEL Y EXTRACCIÓN DE LA GLICERINA



AIII.1 Colocación del aceite de hígado de pescado



AIII.2 Extracción de la glicerina

ANEXO IV

PRUEBAS DE TORQUE Y POTENCIA



AIV.1 Ajustando el filtro de combustible



AIV.2 Acelerando para las curvas

ANEXO V

PRUEBAS DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN RALENTÍ Y EN CARRETERA



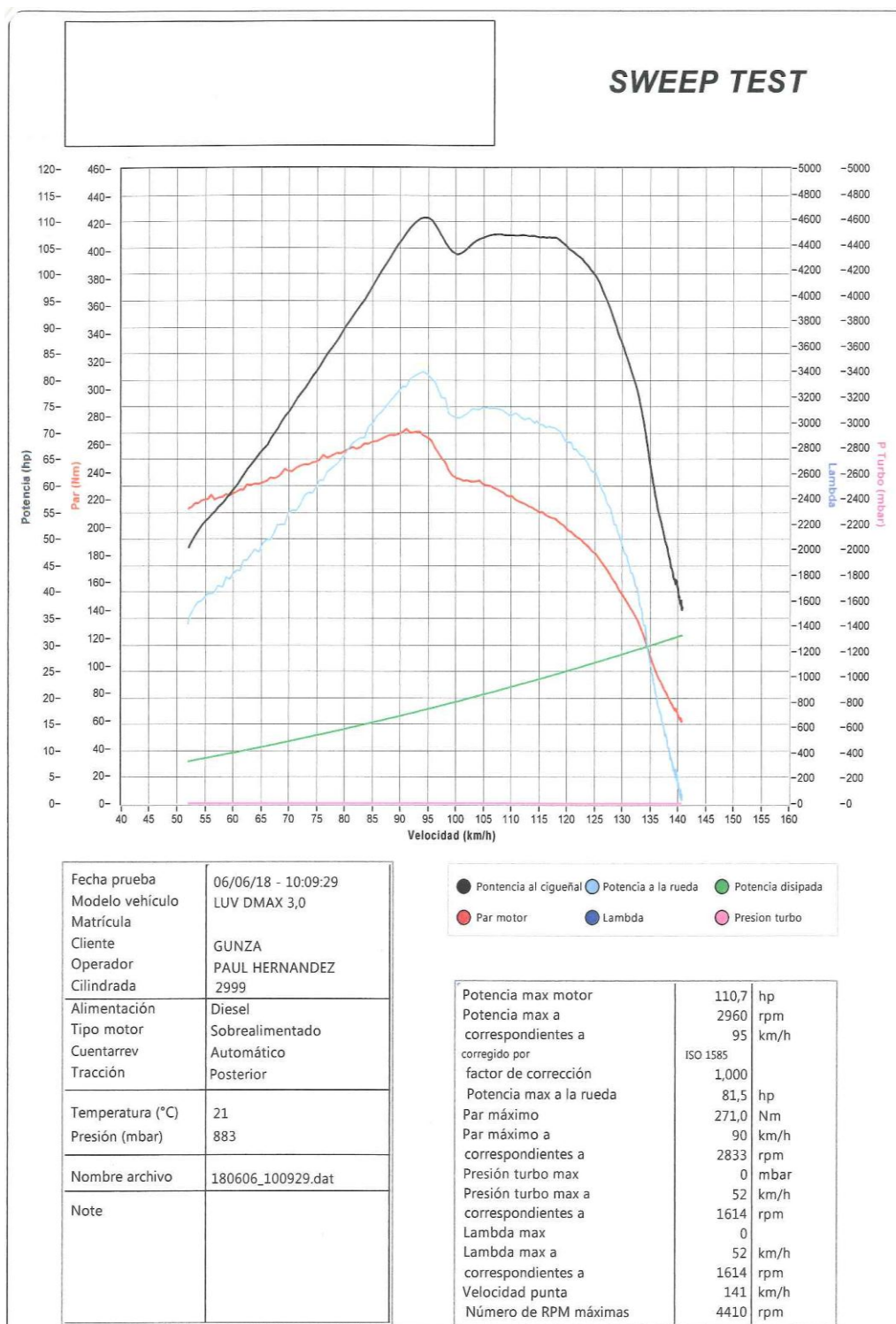
AV.1 Pruebas en ralentí



AV.2 Pruebas en carretera

ANEXO VI

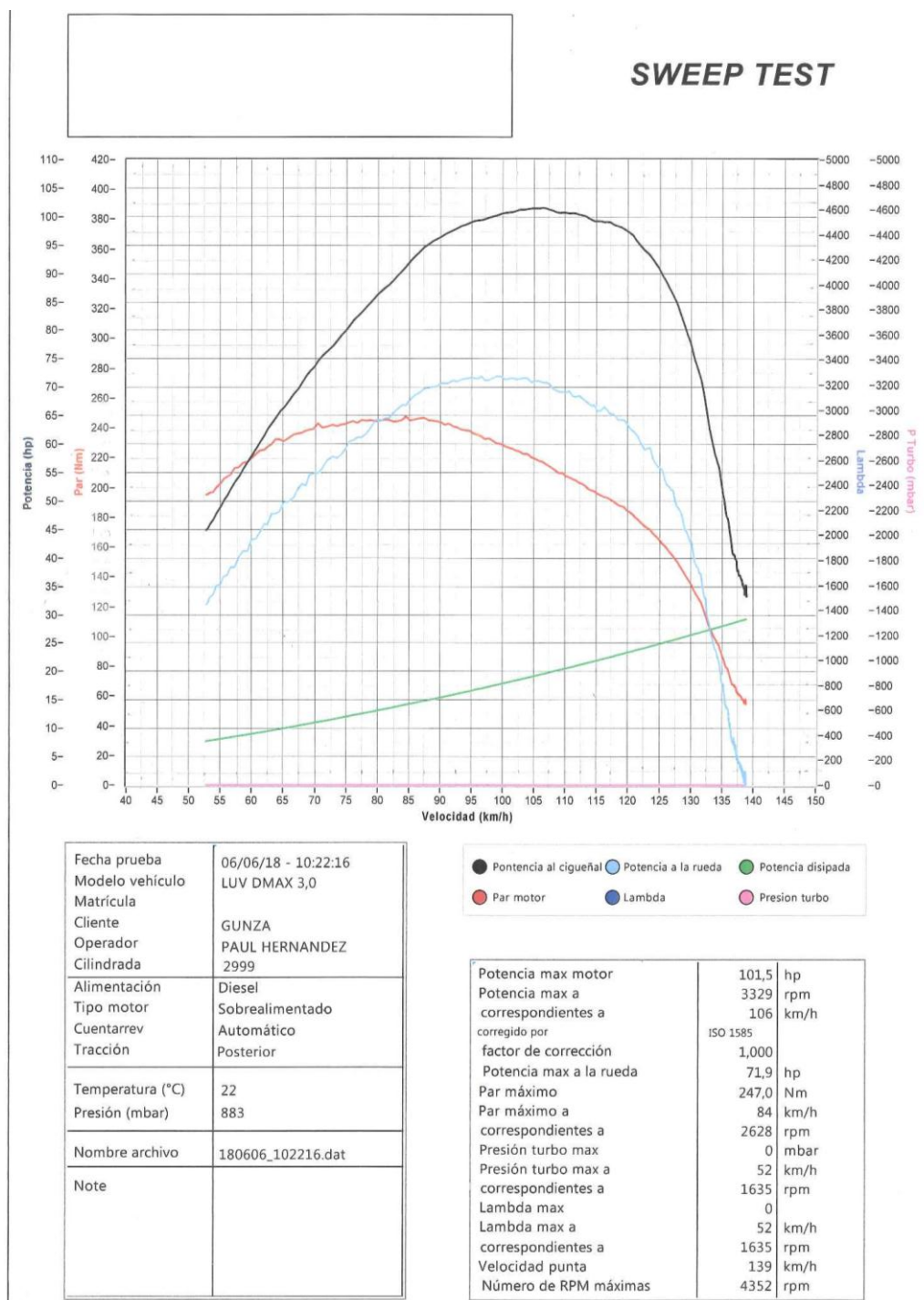
PRUEBA N.º 1 DE POTENCIA Y TORQUE CON DIÉSEL PREMIUM



AVI.1 Prueba 1 de potencia y torque

ANEXO VII

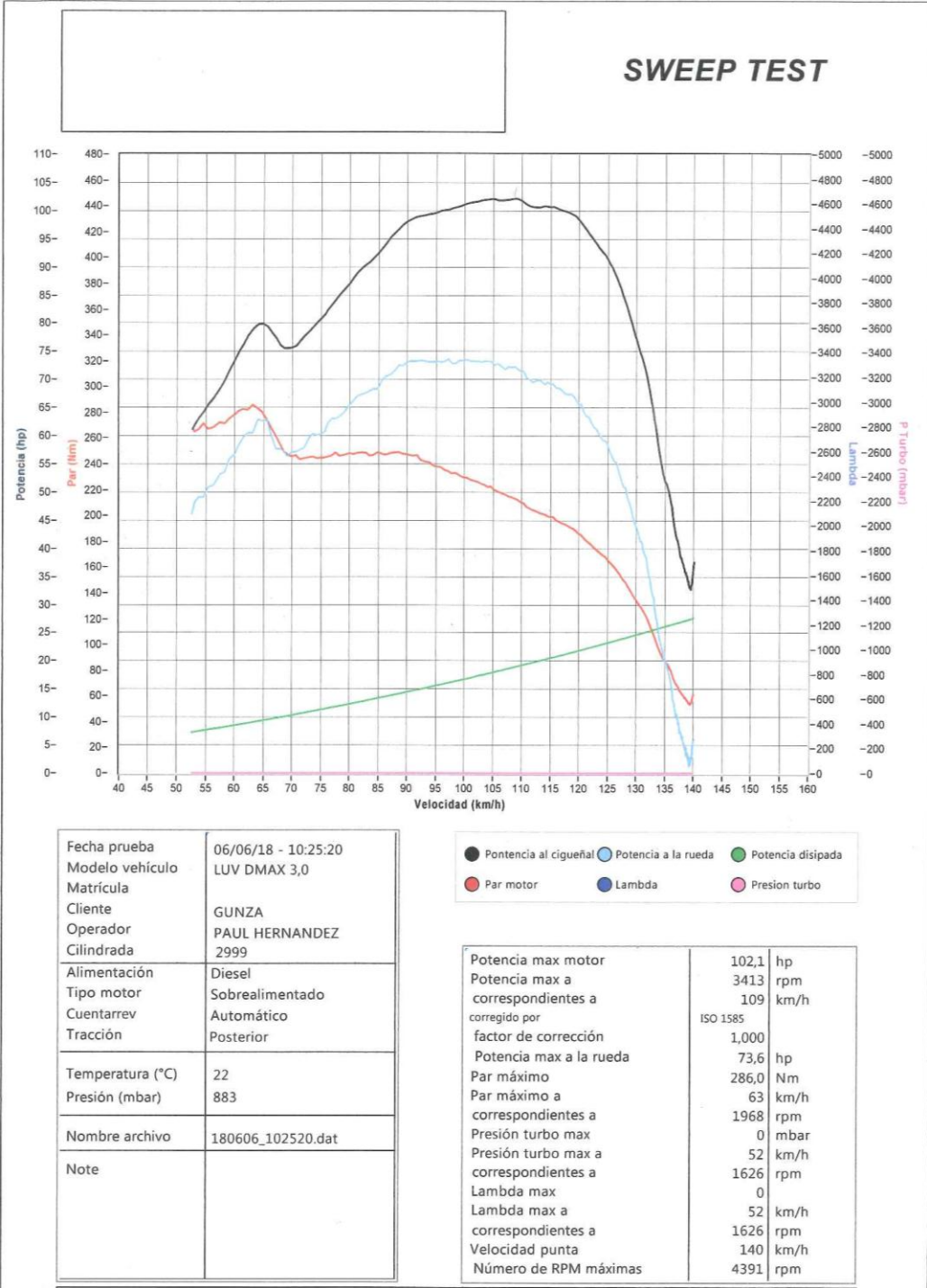
PRUEBA N.º 2 DE POTENCIA Y TORQUE CON DIÉSEL PREMIUM



AVII.1 Prueba 2 de potencia y torque

ANEXO VIII

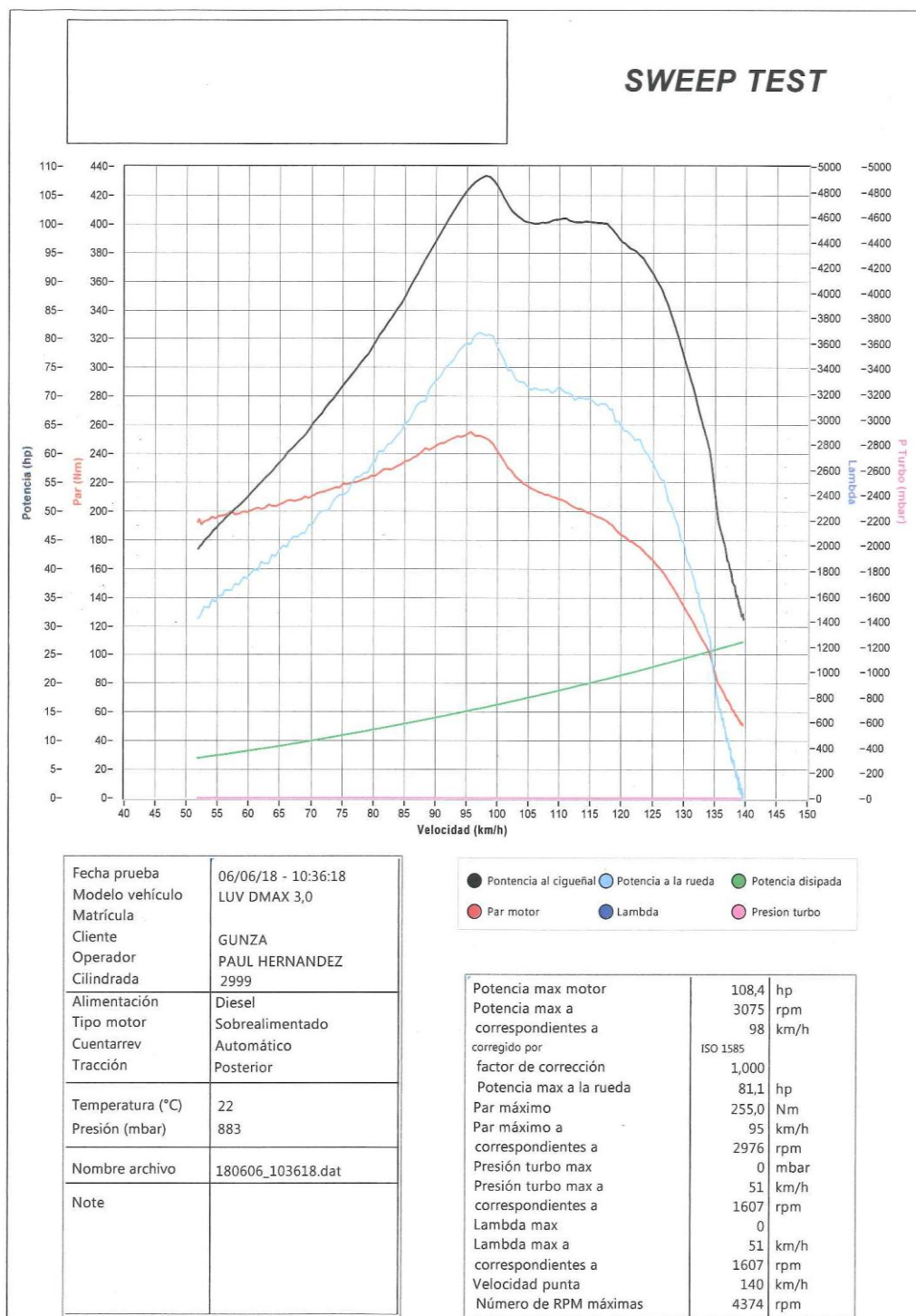
PRUEBA N.º 3 DE POTENCIA Y TORQUE CON DIÉSEL PREMIUM



VIII.1 Prueba 3 de potencia y torque

ANEXO IX

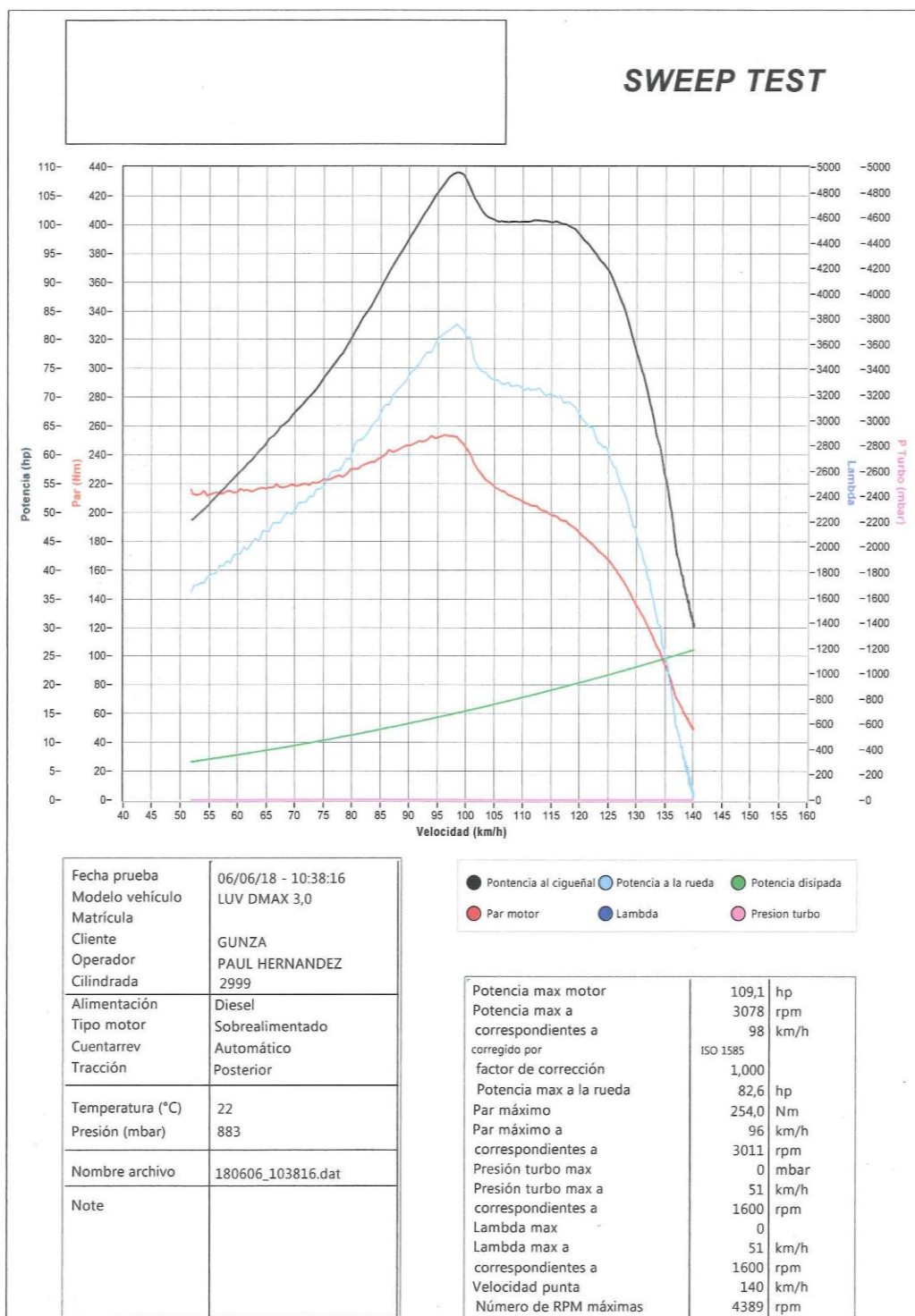
PRUEBA N.º 4 DE POTENCIA Y TORQUE CON DIÉSEL PREMIUM



IX.1 Prueba 4 de potencia y torque

ANEXO X

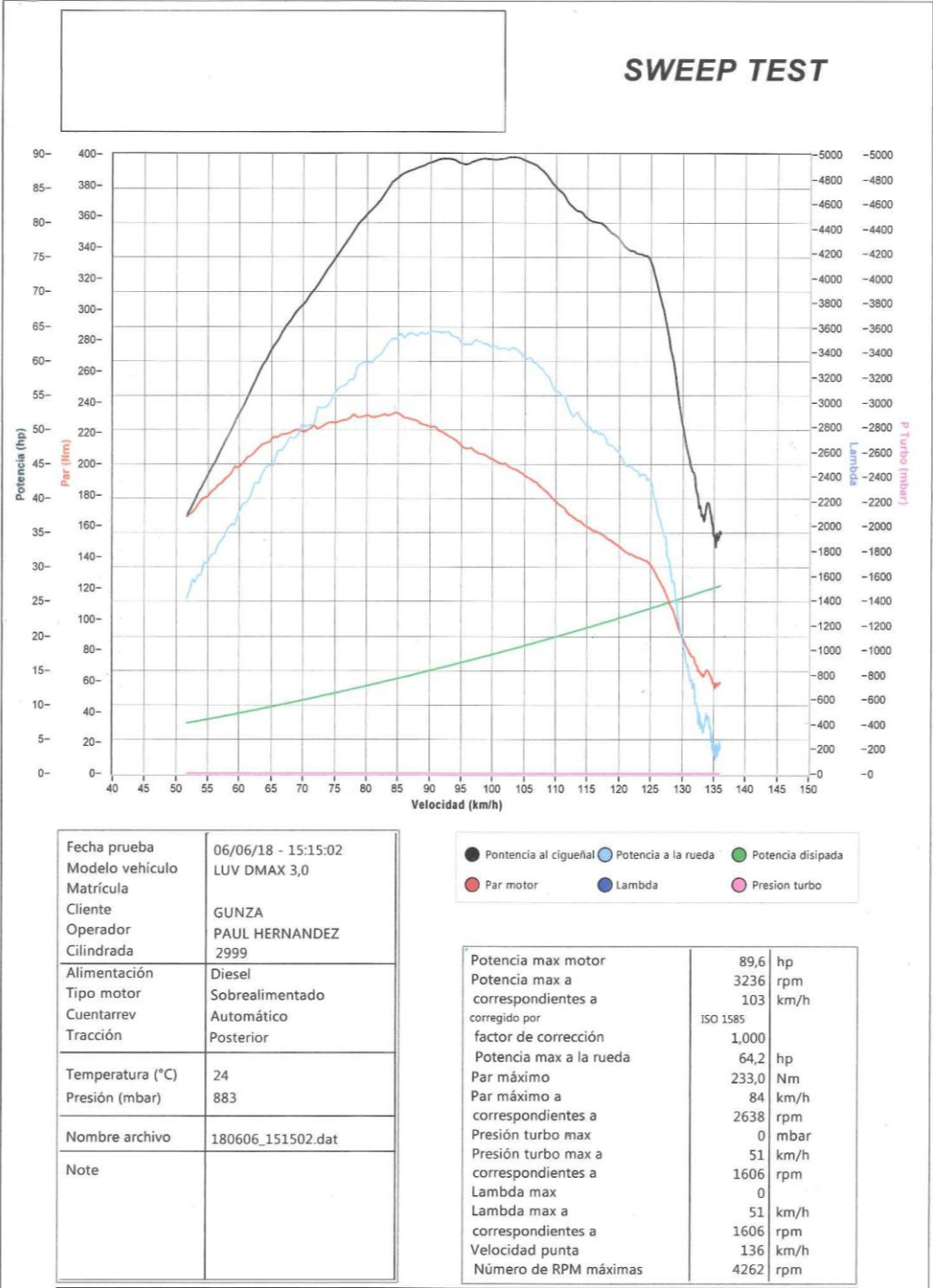
PRUEBA N.º 5 DE POTENCIA Y TORQUE CON DIÉSEL PREMIUM



X.1 Prueba 5 de potencia y torque

ANEXO XI

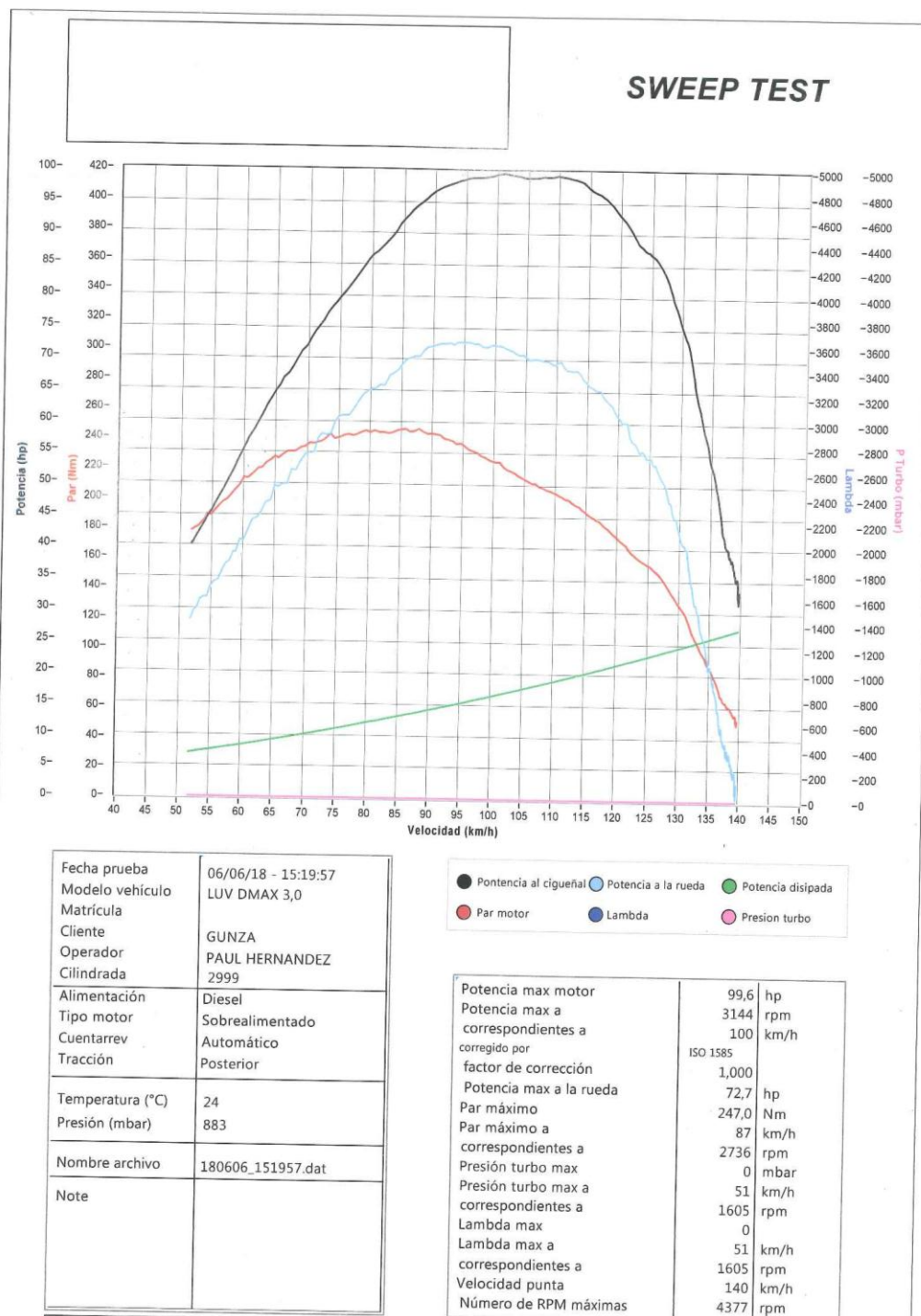
PRUEBA N.º 1 DE POTENCIA Y TORQUE CON BIODIÉSEL B10



XI.1 Prueba 1 de potencia y torque

ANEXO XII

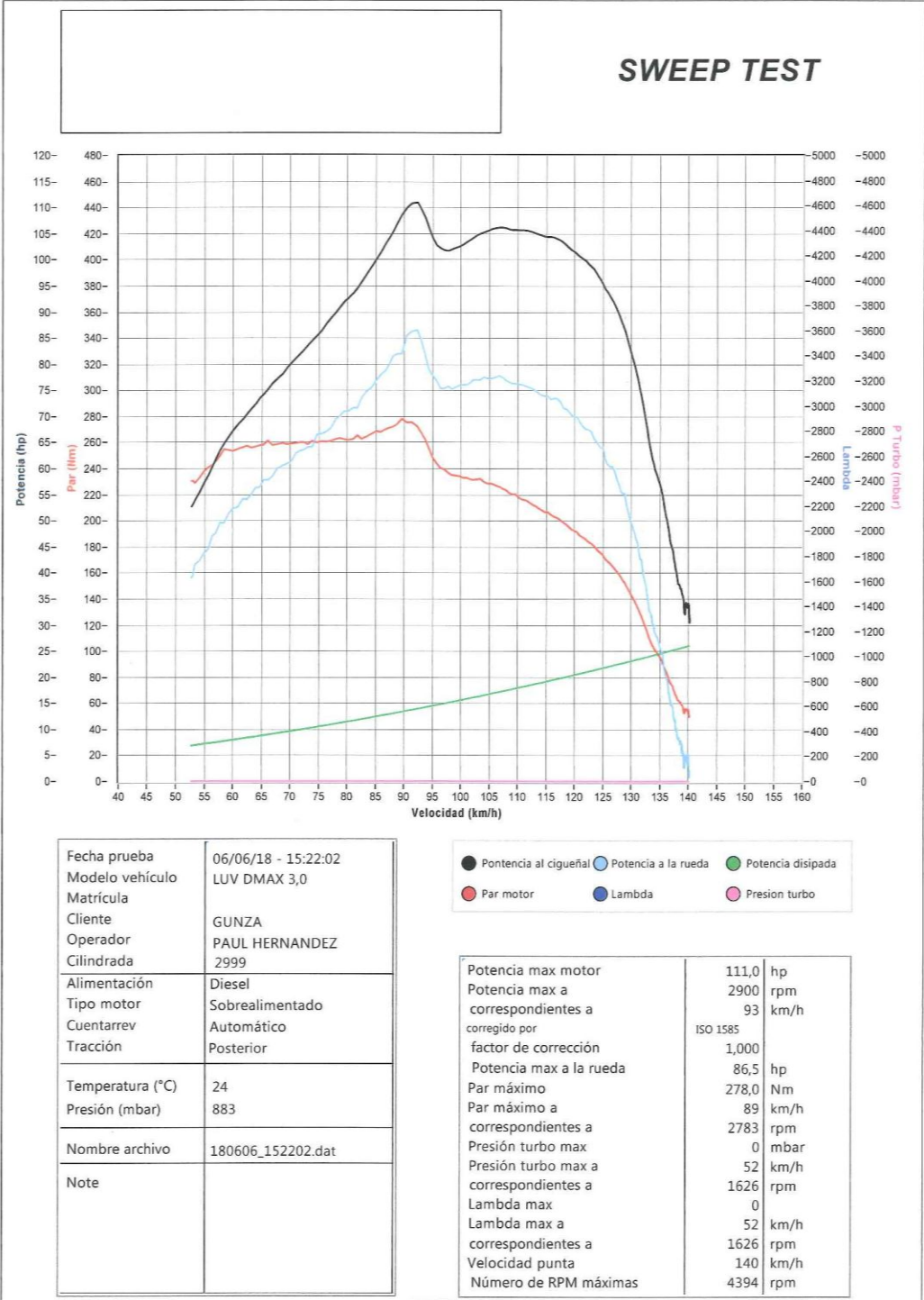
PRUEBA N.º 2 DE POTENCIA Y TORQUE CON BIODIÉSEL B10



XII.1 Prueba 2 de potencia y torque

ANEXO XIII

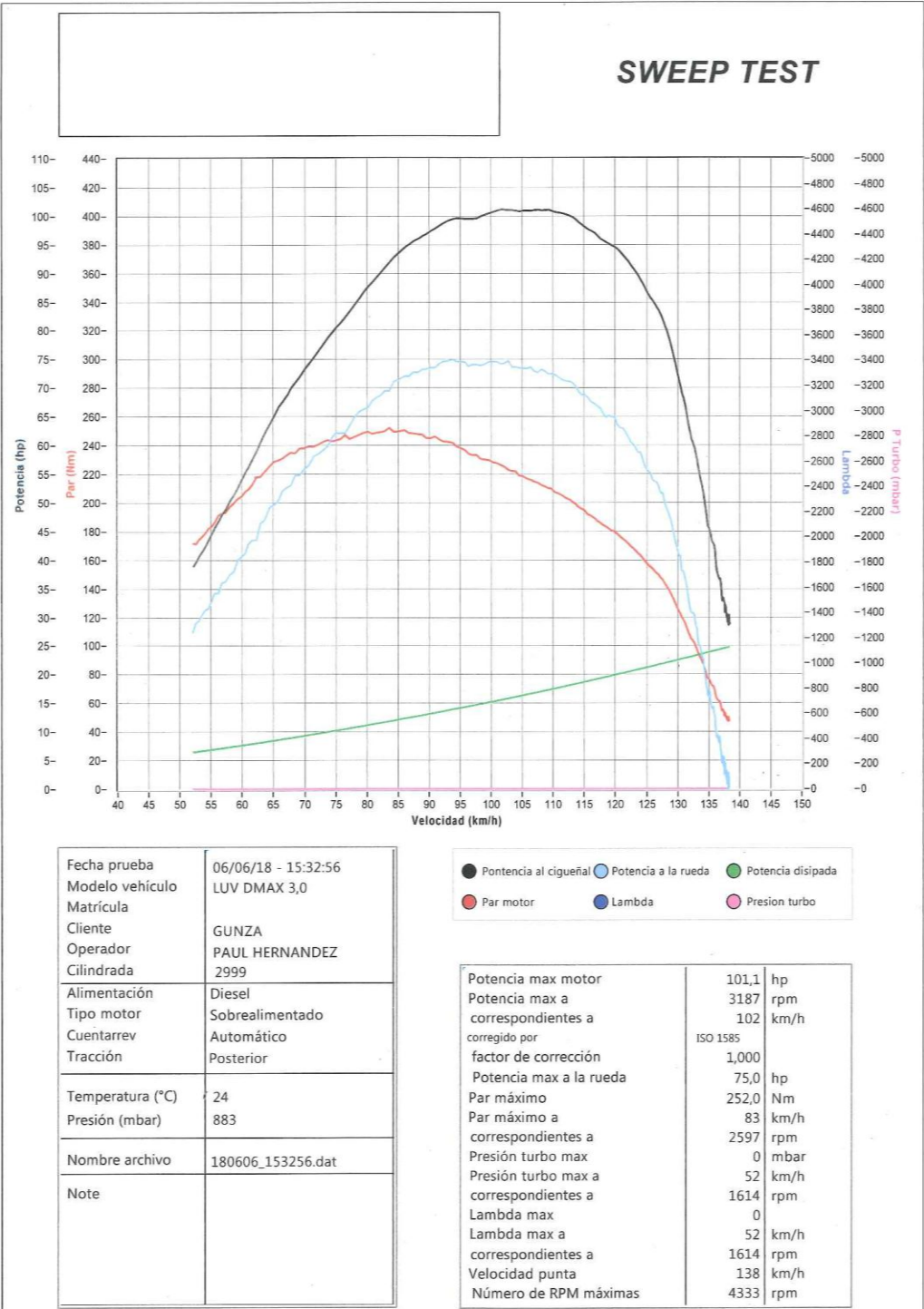
PRUEBA N.º 3 DE POTENCIA Y TORQUE CON BIODIÉSEL B10



XIII.1 Prueba 3 de potencia y torque

ANEXO IVX

PRUEBA N.º 4 DE POTENCIA Y TORQUE CON BIODIÉSEL B10



IVX.1 Prueba 4 de potencia y torque

